MOTOREN

für

Luftschiffe und Flugapparate

von

A. Vorreiter

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik.

Begründet von Ansbert Vorreiter.

Band 3

MOTOREN

für

Luftschiffe und Flugapparate

von

Ansbert Vorreiter

Ingenieur in Berlin

Mit 162 Abbildungen und Zeichnungen.

BERLIN W. 62

Richard Carl Schmidt & Co.

1910

PARIS:
Haar & Steinert, 21 Rue Jacob.

MAILAND:
U. Hoepli, Corso Vitt. Eman. 37.

PETERSBURG:
Industrie & Handelsgesellschaft
M. O. Wolff, Gostinnoi Dwor 17/18.

LONDON:
D. Nutt, W. C. 57—59, Long Acre.

NEW YORK:
E. Steiger & Co., 25 Park Place.

BUENOS AIRES:
Casa Jacobo Peuser, San Martin
Esq. Cangallo.

Autotechnische Bibliothek

Preis pro Band, eleg. in Leinen gebunden, **M. 2.80 = Kr. 3.50.**

Bis Januar 1910 erschienen:

Bd. 1. **Anleitung und Vorschriften für Kraftwagenbesitzer und -führer.** Von Dipl.-Ing. Max R. Zechlin. (2. Auflage.)
Bd. 2. **Automobil-A-B-C.** (3. Auflage.) Von B. v. Lengerke und R. Schmidt.
Bd. 3. **Der Kraftwagen als Verkehrsmittel. — Seine Bedeutung als solches. — Das Fahren im Winter. — Behördliche Kontrolle und Geschwindigkeitsfrage.** — Von Dr. phil. Karl Dieterich, Direktor in Helfenberg i. S.
Bd. 4. **Das Tourenfahren im Automobil.** Von Oberingenieur Ernst Valentin in Berlin.
Bd. 5. **Automobil-Karosserien.** Von W. Romeiser, Automobil-Ingenieur und Wagenbau-Techniker in Frankfurt a. M.
Atlas hierzu in Großquart mit 13 Tafeln: M. 2.80.
Bd. 6. **Das Automobil und seine Behandlung.** Von Jul. Küster, Zivil-Ingenieur in Berlin. (4. Auflage bearbeitet von B. von Lengerke.)
Bd. 7. **Der Automobil-Motor.** Von Ing. Theodor Lehmbeck. (2. Auflage.)
Bd. 8. **Automobil-Getriebe und Kuppelungen.** Von Max Buch, Ingenieur in Neapel.
Bd. 9. **Die elektrische Zündung bei Automobilen und Motorfahrrädern.** Von Ingenieur Josef Löwy, k. k. Kommissar im Patentamte in Wien. (2. Auflage.)
Bd. 10. **Automobil-Vergaser.** Von Joh. Menzel, staatl. gepr. Bauführer.
Bd. 11. **Automobil-Steuerungs-, Brems- und Kontrollvorrichtungen.** Von Max Buch, Ingenieur in Neapel.
Bd. 12. **Automobil-Lastwagenmotoren.** Von Ingenieur M. Albrecht in Friedberg i. Hess.
Bd. 13. **Automobil-Rahmen, -Achsen, -Räder und Bereifung.** Von Max Buch, Ingenieur in Neapel.
Bd. 15. **Das Motorboot und seine Behandlung.** (3. Auflage.) Von M. H. Bauer, Spezialingenieur für Motorboote in Berlin.
Bd. 16. **Das Elektromobil und seine Behandlung.** Von Ingenieur Josef Löwy, k. k. Kommissar im Patentamte in Wien.
Bd. 17. **Personen- und Lasten-Dampfwagen.** Von Jul. Küster, Zivilingenieur in Berlin.
Bd. 18. **Das Motorrad und seine Behandlung.** Von Ing. W. Schuricht. (2. Aufl.)
Bd. 19. **Automobilmotor und Landwirtschaft.** Von Theodor Lehmbeck, Ingenieur in Friedenau-Berlin.
Bd. 20. **Der Automobilmotor im Eisenbahnbetriebe.** Von Ingenieur Arnold Heller.
Bd. 21—24. **Viersprachiges Autotechnisches Lexikon:**
Deutsch-Französisch-Englisch-Italienisch.
Französisch-Deutsch-Englisch-Italienisch.
Englisch-Deutsch-Französisch-Italienisch.
Italienisch-Deutsch-Französisch-Englisch.
Bd. 25. **Deutsche Rechtsprechung im Automobilwesen.** Von Dipl.-Ingenieur A. Bursch und Jul. Küster, Zivilingenieur in Berlin.
Bd. 26. **Automobil-Rennen und Wettbewerbe.** Von B. von Lengerke, Berlin.
Bd. 27. **Kleine Wagen** (Volksautomobile). Von B. Martini.
Bd. 28. **Chauffeurschule.** Von Jul. Küster, Zivil-Ingenieur in Berlin. (2. Aufl.)
Bd. 29. **Wagenbautechnik im Automobilbau.** Von Wilh. Romeiser, Automobilingenieur in Frankfurt a. M.
Bd. 30. **Patent-, Muster- und Marken-Schutz in der Motoren- und Fahrzeug-Industrie.** Von Jul. Küster, Zivil-Ingenieur in Berlin.
Bd. 31. **Der Motor in Kriegsdiensten.** Von Oberleut. a. D. Walter Oertel.
Bd. 32. **Motor-Yachten.** Von H. Méville (Nautikus).
Bd. 33. **Das moderne Automobil.** Von B. Martini. (3. Auflage.)
Bd. 34. **Praktische Chauffeurschule.** Von B. Martini.
Bd. 35. **Taschenbuch der Navigation für Motorbootführer.** Von H. Méville (Nautikus).
Bd. 36. **Motorflugapparate.** Von Ingenieur A. Vorreiter in Berlin.
Bd. 37. **Motorluftschiffe.** Von A. Vorreiter in Berlin.
Bd. 39. **Autlerchemie.** Von Wa. Ostwald, Berlin.

Diese Bibliothek wird fortgesetzt.

Vorwort.

Das vorliegende Buch soll als Ergänzung meiner beiden in der „Autotechnischen Bibliothek" erschienenen Bücher über „Motorflugapparate" und „Motorluftschiffe" und meines vergleichenden Werkes „Kritik der Drachenflieger" dienen. Es wird namentlich dem Leser willkommen sein, der sich selbst mit der Konstruktion eines Luftfahrzeuges befaßt und einen für seine Zwecke geeigneten Motor sucht. Wenn ich bei der Beschreibung der einzelnen Konstruktionen mich einer Kritik über ihre Brauchbarkeit enthalte, so geschieht dies aus gleichen Gründen, aus denen ich auf die Kritik in meinen oben angeführten zwei ersten Büchern verzichtet habe. Einmal sollen diese drei Bücher zunächst einen Überblick über die zurzeit vorhandenen und brauchbaren Konstruktionen bieten; daher ist auch in allen diesen drei Werken auf die historische Entwicklung keine Rücksicht genommen. Bei der Neuheit dieses Zweiges der Technik ist es auch noch nicht möglich, ein abschließendes Urteil zu geben. Eine gewisse Kritik ist in dem ersten Kapitel „Konstruktionsprinzipien der Motoren für Luftschiffe und Flugapparate" gegeben, ebenso wie in den betreffenden Kapiteln meiner beiden vorhergegangenen Bücher.

Aus vielen Besprechungen in Fach- und Zeitschriften, Zuschriften und Unterredungen mit den Lesern meiner Bücher, wie auch aus dem starken Absatz, den dieselben gefunden haben, darf ich mit Genugtuung ersehen, daß

meine Werke Beifall finden und so hoffe ich, daß auch dieses Buch eine Lücke in der Fachliteratur ausfüllt und allen Interessenten ein willkommenes Hilfsbuch sein möge und einen kleinen Teil zum Fortschritt auf dem Gebiete der Luftschiffahrt und zum Verständnis der Bedingungen derselben beiträgt.

Im Herbst 1909.

Ansbert Vorreiter.

Published February 1, 1910.

Inhaltsverzeichnis.

I.

Konstruktionsprinzipien der Motoren für Luftschiffe und Flugapparate.

Der große Fortschritt im Bau sowohl der Luftschiffe als der dynamischen Flugmaschinen ist erst durch die Verwendung leichter Motoren möglich geworden. Der leichte Luftschiffmotor ist aus dem Automobilmotor entstanden. Wir verdanken also eigentlich der Automobilindustrie die in der Luftschiffahrt und Flugtechnik erreichten Leistungen. Es kommt daher für die Luftschiffahrt und Flugtechnik nur der Explosionswert in Betracht. Unter der Voraussetzung, daß die Konstruktionsprinzipien der normalen Zwei- und Viertaktmotoren wie auch die Einrichtung der verschiedenen Hilfsapparate wie Vergaser, Zündapparate und Kühler hinreichend bekannt sind, soll im folgenden nur das herausgegriffen werden, was den Motor für Luftschiffe und Flugapparate von den sonst üblichen Automobilmotoren unterscheidet, eine Folge der Verschiedenheit der Anforderungen und Bedingungen, unter welchen Motoren in einem Luftschiffe oder Flugapparate gegenüber einem Automobilmotor zu arbeiten haben.

Die hauptsächlichsten Anforderungen, welche an Luftschiffmotoren gestellt werden, sind:

1. geringes Gewicht im Verhältnis zur Leistung,
2. geringer Benzinverbrauch, um mit der gegebenen Brennstoffmenge einen möglichst großen Aktions-

radius zu erreichen; aus demselben Grunde ist auch ein möglichst geringer Ölverbrauch anzustreben,

3. absolute Betriebssicherheit, da, beim Luftschiffmotor kaum, beim Flugmotor überhaupt nicht Reparaturen im Gebrauch vorgenommen werden können.

Beim Vergaser ist speziell für Luftschiffmotoren zu berücksichtigen, daß derselbe unter verschiedenem Luftdrucke arbeiten muß, da mit den verschiedenen Höhen, welche das Luftschiff erreicht, auch der Luftdruck ein wechselnder ist. Ebenso variiert die Temperatur, und zwar ist dieselbe in höheren Luftschichten niedriger als auf der Erde; es muß daher darauf gesehen werden, die von den Vergasern angesogene Luft stets auf einem annähernd gleichen Temperaturgrad zu halten. Vorteilhaft für das Arbeiten der Luftschiffmotoren ist der Umstand, daß die Motoren stets in reiner, staubfreier Luft zu arbeiten haben. Vergaser, Zylinder, Steuerungsorgane usw. durch Staub daher nicht beeinflußt werden können.

Eine weitere Vorbedingung, welche man an Luftschiffmotoren zu stellen hat, ist die, daß dieselben bei den verschiedensten Lagen dennoch mit größtmöglicher Gleichmäßigkeit und Betriebssicherheit funktionieren, Neigungen des Luftschiffes in den Horizontalen also weder auf die Funktionen des Vergasers noch der Ölung Einfluß ausüben dürfen. Bei Motoren mit einer größeren Anzahl von Zylindern in einer Reihe müssen daher die einzelnen Kurbelkammern durch Zwischenkammern getrennt sein, weil sich andernfalls bei einer Neigung des Luftschiffes das gesamte Öl im Kurbelgehäuse ansammeln und den dem Tiefpunkte zunächst liegenden Zylindern ein für die Zündung wieder nachteiliger Überschuß an Öl zugeführt würde, während die auf der entgegengesetzten Seite angeordneten Zylinder und Kurbelwellenlager trocken und heiß liefen.

Mit der Betriebssicherheit Hand in Hand geht die Forderung der Dauerhaftigkeit. Hiergegen zeigen die älteren Konstruktionen von Flugmotoren zum Teil recht erhebliche

Verstöße. Nur die Dauerleistung, die der Motor herzugeben imstande ist, kommt beim Flugmotor ernstlich in Betracht, im Gegensatz zum Automobilmotor. Während dieser mit seiner Höchstleistung nur selten und dann bloß auf kurze Zeit beansprucht wird, läuft der Motor der Flugmaschine stets unter voller Belastung. Die von ihm angetriebenen Schraubenflügel schlagen die Luft bei der gleichen Umdrehungszahl fast stets in derselben Stärke, die nötig ist, der Maschine den erforderlichen Vorschub zu erteilen. Ein Motor, dessen Lagerschalen schon nach einem Betrieb von einigen Stunden erneuerungsbedürftig sind, ist demnach für Luftschiffahrt und Flugtechnik nicht geeignet.

Schwierig dürfte bei Luftschiffen der Einfluß zu beseitigen sein, den die wechselnde Höhe mit sich bringt, die Verringerung des Luftdruckes mit der Erhebung über die Erdoberfläche. Bei den Automobilen sind die Höhen, in denen man fährt, nicht bedeutend, selten über 1000 m, es kommt hinzu, daß man die geringere Leistung des Motors hier durch eine kleine Übersetzung ausgleichen kann. Nicht so beim Luftschiff. Bei ihm verlangt man nicht nur stets die höchste Motorleistung, sondern man fliegt auch in größere Höhen, in denen die Luft dünner ist. Daß die Luftverdünnung die Leistung des Motors ganz bedeutend herabsetzen muß, geht daraus hervor, daß das eingesaugte Luftgewicht ungefähr im Verhältnis der äußeren Luft abnimmt. Die Leistung des Motors geht also entsprechend herunter, da infolge des geringeren Kompressionsgrades sein Wirkungsgrad sinkt. Die Wirkung der Höhe ähnelt also einer Drosselung des Motors. Der Umstand, daß der Gegendruck gegen den Auspuff auch geringer wird, kommt nur wenig in Betracht, da die Ausschubwiderstände doch nur einen kleinen Teil der Motorleistung verzehren, ihre Verringerung ist unwesentlich, dagegen die Verringerung der Leistung erheblich.

Bisher sind noch keine Einrichtungen getroffen worden, die schnelle Abnahme der Motorleistung mit der Höhe zu verhindern. Als einfachstes Mittel empfiehlt es sich, die

Luft von der Stelle des Luftschiffs anzusaugen, wo sie verdichtet ist, nämlich hinter der Schraube, oder bei Prall-(unstarren) Luftschiffen, die die pralle Ballonform dadurch bewahren, daß sie einen im Innern des Ballons befindlichen Luftsack (Ballonett) mittels eines Ventilators aufblasen, aus diesem Ventilator. Durch diese Art der Luftentnahme kann man auch in den unteren Luftschichten für kurze Zeit die Leistung steigern, z. B. bei starkem Gegenwind.

Im Widerspruch zu der ersten Hauptbedingung, welche an Luftschiffmotoren zu stellen ist — dem leichten Gewicht —, steht der Umstand, daß diese Motoren fast stets mit ihrer vollen Leistung beansprucht werden. Es dürfen daher bei dem Bestreben, das Gewicht nach Möglichkeit zu beschränken, doch die Lager nicht zu schwach dimensioniert sein, und vor allem aber darf nicht an den der Schmierung dienenden Organen gespart sein. Andererseits aber ist wieder der Umstand vorteilhaft, daß die Luftschiffmotoren hinsichtlich Tourenzahl und Leistung nicht so variabel sein müssen als die Automobilmotoren, und von diesem Gesichtspunkte aus läßt sich die Konstruktion der Flugmotoren vereinfachen. Ob es dabei ratsam ist, soweit zu gehen, besondere Vergaser überhaupt fortzulassen und das Benzin direkt in die Kammern der Saugventile einzuspritzen, wie beim Antoinette- und Wrightmotor, ist allerdings fraglich. Andere Konstrukteure wie Palous & Beuse vereinfachen die Vergaser durch Fortlassen des Schwimmers.

In dem Bestreben, an Gewicht zu sparen, verzichten die meisten Konstrukteure auf ein Schwungrad. Um nun bei dem Viertaktmotor ein genügend gleichmäßiges Drehmoment zu erhalten, mußte die Zahl der Zylinder vermehrt werden. Wir finden daher bei den Luftschiffmotoren meistens Acht-Zylinder, und um der Gewichtsersparnis wegen deshalb keine zu großen Baulängen in Kauf nehmen zu müssen, sehr häufig eine V-förmige Anordnung der Zylinder. Aus dem gleichen Grunde ist man noch weiter gegangen und kon-

struierte sternförmige (Farcot) und fächerförmige Zylinderanordnung (Esnault-Pelterie). Diese letztere Konstruktion ergibt als weiteren Vorteil, daß auf einfachste Weise ein Ausgleich der bewegten Massen im Motor zu erzielen ist, denn noch mehr als beim Automobilmotor ist ein möglichst erschütterungsfreier Gang für den Luftschiff- und Flugmotor erforderlich. Hierbei ist zu beachten, daß der Winkel zwischen je zwei aufeinander folgenden Zündungen stets derselbe bleibt.

Wie groß der Unterschied in der Gleichmäßigkeit des Drehmomentes zwischen einem Vierzylinder-Automobilmotor

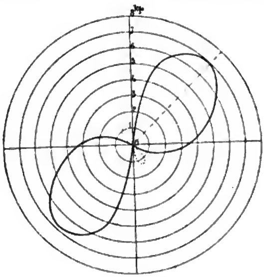


Fig. 1.
Drehmoment bei einem Vierzylinder-Motor.

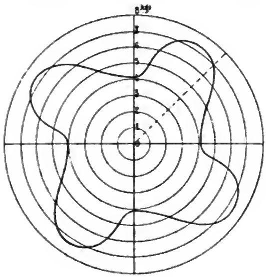


Fig. 2.
Drehmoment bei einem Achtzylinder-Motor.

und einem Achtzylinder-Luftschiffmotor ist, zeigen die obenstehenden Fig. 1 und 2. Beim Vierzylinder steigt die Leistung während zweimal einer Umdrehung von Null bis zu einem Maximum. Beim Achtzylinder variiert die Leistung nur um nicht ganz den halben Betrag der gleichen Maximalleistung, und zwar tritt diese erheblich geringere Schwankung viermal während einer Umdrehung auf. Aus diesem Grunde findet der vielzylindrige Motor, namentlich der Achtzylinder, in der V-förmigen Anordnung der nachstehenden Fig. 3 bis 5 immer mehr Anhänger in der Luftschiffahrt. Es scheint, daß sich diese zuerst von Levavasseur gebaute Type als Standardtype für Luftschiffahrt entwickelt,

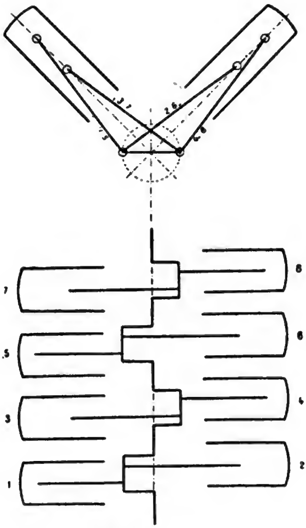


Fig. 3 und 4.
V-förmige Anordnung der 8 Zylinder-Motoren (Antoinette). Die Zahlen geben die Reihenfolge der Zündungen an.

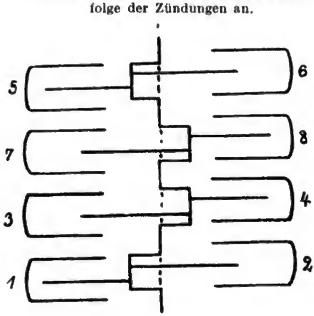


Fig. 5.
Für den Massenausgleich günstigere Anordnung der Kurbelkröpfungen (E. N. V. Körting).

wie der Vierzylinder als Automobilmotor. Für Flugapparate finden wir außer dem V-Motor am häufigsten den Stern-Motor, vor allem bei den Motoren mit rotierenden Zylindern.

Hierbei sei noch auf einen großen Vorteil der vielzylindrigen Motoren hingewiesen, das ist der gute Massenausgleich. Beim Vierzylinder lassen sich wohl die freien Momente ausgleichen, es treten aber noch freie Kräfte auf. Beim Sechszylinder, der für Luftschiffe vielfach ausgeführt wird, ist ein vollständiger Massenausgleich gegeben. Da nur durch Massenausgleich ein erschütterungsfreier Lauf zu erzielen ist und Erschütterungen beim Luftschiff und Flugapparat noch störender sind als beim Automobil, ist der vielzylindrige Motor für die Luftfahrzeuge vorzuziehen.

Hierbei sei gleich der Behauptung entgegengetreten, daß der Motor mit vielen Zylindern schwerer ist als ein gleichstarker Motor mit einem oder zwei Zylindern. Das Gegenteil ist bis zu

etwa acht Zylindern der Fall. Wenn auch natürlich acht kleine Zylinder mit Kolben und allem sonstigen Zubehör schwerer sind als 4 Zylinder für die gleiche Leistung, so fällt dafür das Schwungrad beim Achtzylindermotor weg, wodurch das Mehrgewicht der Zylinder usw. mehr als ausgeglichen ist. Dabei ist selbst mit einem verhältnismäßig schweren Schwungrad niemals das gleichmäßige Drehmoment zu erreichen wie beim Achtzylindermotor. Bei direktem Antrieb der Schraube kann ja diese als Schwungrad dienen; dabei ist aber zu berücksichtigen, daß die Schäfte der Schraubenflügel durch das wechselnde Drehmoment sehr stark beansprucht werden, ein Bruch also leichter vorkommen kann, wenn die Schraube nicht weit stärker und damit schwerer hergestellt wird, als für Motoren mit gleichmäßigem Drehmoment.

Zur Erzielung eines stoßfreien Laufes ist, wie schon oben bemerkt, die gleichmäßige Verteilung der Kraftimpulse auf die Umdrehungen notwendig, und zwar wird der Lauf des Motors um so gleichmäßiger und stoßfreier sein, je mehr Kraftimpulse während der zwei Umdrehungen des Viertaktes auftreten.

Der Viertakt bedingt bei peripherischer Anordnung der Zylinder (Sternmotor und daraus entwickelter Fächermotor) auf einer gemeinschaftlichen Kreisebene eine ungerade Zylinderzahl, da nur diese die gleichmäßig fortschreitende Arbeitswirkung gewährleistet. Es erklärt sich dies aus dem bekannten Arbeitsvorgange, wonach per Zylinder nur jede zweite Umdrehung ein Kraftimpuls erfolgen kann. Es kommt also jeder Zylinder jede zweite Umdrehung an die Reihe. Im Interesse der gleichmäßig fortschreitenden Kraftentwicklung müssen demnach die Zylinder so explodieren, daß immer einer übersprungen wird, also z. B. bei einem Motor mit fünf Zylindern in der Reihenfolge der mit Bogen verbundenen Zahlen:

1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 usw.

Daraus geht ohne weiteres hervor, daß die Explosionen für alle Zylinder immer in gleichen Abständen erfolgen und daß die Perioden sich abwechslungsweise in kontinuierlichem Rhythmus wiederholen. Gleichzeitig wird dadurch auch die Reihenfolge der Zündung mit 1, 3, 5, 2, 4 usw. bestimmt.

Auch Motoren mit doppelt wirkenden Zylindern werden der gleichmäßigen Drehmomente und der Gewichtsersparnis wegen neuerdings konstruiert, das heißt also Motoren, bei welchen auf jeder Kolbenseite die Arbeitsvorgänge stattfinden oder die Doppelkolben haben. Bei diesen Konstruktionen kommt man also bei gleich gutem Gleichförmigkeitsgrad mit der halben Zylinderanzahl aus, der Motor wird leichter und beansprucht weniger Raum. Die gleichen Vorteile erreicht man mit dem Zweitaktmotor, und diese Motortype hat um so mehr Aussicht in die Luftschiffahrt Eingang zu finden, als die Hauptnachteile des Zweitaktmotors gegenüber dem Viertaktmotor, die seine Einführung im Automobilbetriebe unmöglich machten, für die Luftschiffahrt nicht in Betracht kommen. Der Zweitaktmotor hat bekanntlich den großen Nachteil, im Drehmoment und der Tourenzahl nicht so variabel zu sein als der Viertaktmotor, er funktioniert nur richtig und mit geringem Brennstoffverbrauch bei einer gewissen Tourenzahl und bestimmter Belastung. Da nun der Luftschiff- und noch mehr der Flugmotor stets mit der gleichen Tourenzahl und der gleichen Leistung arbeitet, können wir für die Luftschiffahrt die Vorteile des Zweitaktmotors uns zunutze machen, das sind namentlich die einfache Konstruktion, geringes Gewicht und billige Herstellung. Grade in Magdeburg hat dies zuerst richtig erkannt, und verwendet für seinen Drachenflieger einen Zweitaktmotor.

Endlich müssen wir noch der Motoren mit rotierenden Zylindern und feststehender Kurbelachse, sowie Motoren sowohl mit rotierenden Zylindern wie gleichzeitig rotierender Kurbelachse

gedenken, welche speziell für Flugapparate erhebliche Vorteile zu bieten scheinen. Seitdem es überhaupt eine Automobilindustrie gibt, ist es bereits versucht worden, rotierende Motoren herzustellen, denn die Vorteile eines derartigen Motors für Automobilzwecke und jetzt besonders für die Luftschiffahrt liegen auf der Hand. Der Hauptvorteil ist der, daß ein Motor, bei welchem die Zylinder rotieren, ohne Wasserkühlung auskommen kann, da durch die außerordentlich schnelle Rotation für eine äußerst rasche Lufterneuerung und daher schnellste Wärmeableitung gesorgt ist. Ferner dienen das Motorgehäuse samt Zylindern und Steuerungsorganen gleichzeitig als Schwungmasse. Man kann deshalb bei rotierenden Motoren die Anzahl der Zylinder vermindern, da die großen rotierenden Massen einen hohen Gleichförmigkeitsgrad bedingen. Motoren mit 3, 4 und 5 Zylindern sind daher bei dieser Konstruktion zur Erzielung des gleichmäßigen Laufes vollkommen ausreichend. Es werden jedoch auch Motoren mit 7 und 8 rotierenden Zylindern gebaut.

Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, daß durch die Rotation der Zylinder mindestens 8 % der Motorleistung aufgezehrt wird, weil die Zylinder mit ihren Kühlrippen, Ventilanlagen usw. einen erheblichen Luftwiderstand erzeugen. Die dadurch verlorene Arbeit ist etwa die gleiche, wie bei einem Ventilator zur Erzeugung der Kühlluft.

Es ist bekannt, daß die Leistung der Explosionsmotoren annähernd proportional der Tourenzahl bzw. Kolbengeschwindigkeit ist. Die Kolbengeschwindigkeit hat aus Gründen der inneren Reibung bzw. Maschinenwiderstände, mit Rücksicht auf den Wirkungsgrad, einen oberen Grenzwert, bei dem die Maschine ihre Vollkraft entwickelt. Sobald die Kolbengeschwindigkeit bzw. die Tourenzahl abnimmt, geht damit auch die Leistung zurück. Aus diesem Umstande erwächst dem Explosionsmotor der bekannte Nachteil, daß die Ausnutzung seiner Vollkraft in Betrieben, wo verschiedene Geschwindigkeiten verlangt werden, nur unter Ver-

wendung eines Geschwindigkeits-Wechselgetriebes möglich ist, wie z. B. bei den Motorwagen.

Bei einem Motor mit rotierendem Zylinder und rotierender Welle besteht nun die Möglichkeit für den Zustandswert des Effektquotienten, aus dem Verhältnis des Effektes zur Tourenzahl, denjenigen Beitrag zu erhalten, welcher als Produkt mit der Tourenzahl immer wieder der Volleistung der Maschine entspricht, d. h. die Leistung der Maschine ist von der Tourenzahl der Kurbelwelle unabhängig, also: in dem Maße, wie die Tourenzahl der Kurbelwelle abnimmt, nimmt das Drehmoment derselben zu oder umgekehrt. Es wird dies auf solche Weise erzielt, daß die Zylinder drehbar um die Achse der ebenfalls drehbaren Kurbelwelle so angeordnet sind, daß die Veränderlichkeit des Drehmomentes des mit konstanter Kolbengeschwindigkeit arbeitenden Motors dadurch herbeigeführt wird, daß den auf die kreisenden Zylinder wirkenden Reaktions- und Kippkräften durch eine geeignete Vorrichtung ein regulierbarer Widerstand entgegengesetzt wird. Je nach der relativen Geschwindigkeit, mit welcher sich die Zylinder gegen die Geschwindigkeit der Kurbelwelle drehen, verändert sich für letztere das Drehmoment. Wenn dabei die Kolbengeschwindigkeit und somit also auch der Effekt immer dieselben bleiben können, so erklärt sich z. B. eine Zunahme des Drehmomentes bei abnehmender Tourenzahl der Kurbelwelle dadurch, daß dafür die Zylinder sich um so schneller in entgegengesetzter Richtung drehen und die Explosionen pro Kurbelumdrehung zunehmen. Nach diesem Prinzip baut die „Ajax“-Automobilfabrik einen rotierenden Motor für Automobile, der auch für Flugapparate, namentlich zum Antrieb von zwei gegenläufigen Schrauben sehr geeignet erscheint. Der wesentliche Unterschied des Ajax-Motors gegenüber den bisher bekannten Explosionskraftmaschinen besteht also darin, daß das Drehmoment beliebig verändert werden kann, daß man es somit in der Hand hat, das Maximum der Maschinenleistung, welche mit der höchsten Kolbengeschwindigkeit zusammenfällt, für alle

Betriebszustände auf die Kurbelwelle einwirken zu lassen, gleichviel, ob diese sich langsam oder schnell dreht.

Für die Wirkungsweise, zu deren Erläuterung das Schema nach der Figur 6 angeführt ist, ist es gleichgültig,

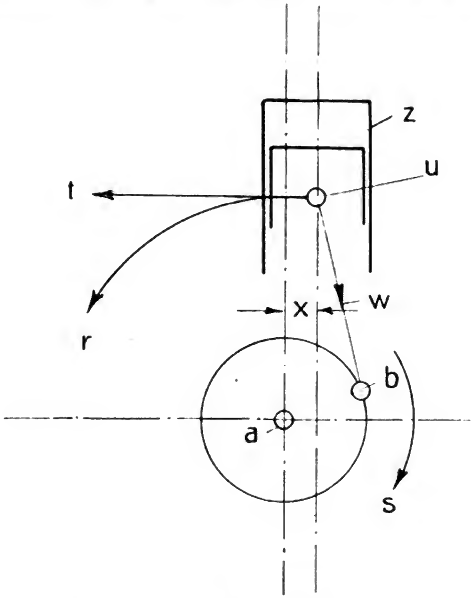


Fig. 6.
Schematische Darstellung der Wirkungsweise des „Ajax“motors.
a Kurbelwelle; *b* Kurbelzapfen; *z* Zylinder; *u* Zapfen für die Pleuelstange; *s* Drehrichtung für die Kurbelwelle; *r* Drehrichtung für die Zylinder; *x* Desaxialer Abstand.

ob es sich um ein- oder mehrzylindrige, im Zweitakt oder Viertakt arbeitende Motoren handelt. Es sei zunächst angenommen, daß die Maschine sich im Gang befinde, indem der Zylinder z festgehalten wird. In dieser Stellung arbeitet der Motor wie jede andere Explosionskraftmaschine. Sobald aber der Zylinder sich selbst überlassen wird, so be-

ginnt sich derselbe durch das freiwerdende radiale Kippmoment, hervorgerufen durch die Reaktionskräfte und verstärkt durch die Desaxialisierung x — also durch die Einwirkungen der Tangential-Komponente t — zu drehen. Die Folge davon ist, daß die Maschine selbst bestrebt sein wird, für jeden Betriebszustand den Kraftausgleich in der Weise herbeizuführen, daß unabhängig von der Umlaufzahl der Kurbelwelle die Kolbengeschwindigkeit der Zylinder annähernd dieselbe bleibt. Dadurch ergibt sich von selbst, daß mit steigendem Kraftbedürfnis der Kurbelwelle die Rotationsgeschwindigkeit der Zylinder im Sinne der Pfeilrichtung r zunimmt.

Die Anzahl der Kraftimpulse pro Kurbelumdrehung wird so in steter Weise je nach Veränderlichkeit des Drehmomentes reguliert. Die Kraftimpulse entsprechen dann nicht mehr den absoluten Umlaufszahlen der Kurbelwelle, sondern den relativen, d. h. gegenüber der Drehung des Zylinders. Die relativen Umdrehungen sind, da sich Kurbelwelle und Zylinder in entgegengesetzter Richtung drehen, gleich der Summe der absoluten Umdrehungen dieser beiden. Dabei richten sich die inneren Arbeitsvorgänge im Motor selbstverständlich nach den relativen Tourenzahlen. Handelt es sich z. B. um einen Viertaktmotor und setzen wir für einen bestimmten Betriebszustand voraus, daß Kurbelwelle wie Zylinder je in entgegengesetztem Drehsinne mit gleicher Winkelgeschwindigkeit drehen, so erfolgt auf jede Kurbelumdrehung pro Zylinder je ein Kraftimpuls, was einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 2 gleichkommt. Drehen sich die Zylinder z. B. dreimal während einer Kurbelumdrehung, so erfolgen auf letztere

$$\frac{3+1}{2} = 2 \text{ Kraftimpulse}$$

pro Umdrehung und pro Zylinder usw.

Bei der Unveränderlichkeit des volumetrischen und

absoluten Effektes für alle Tourenzahlen erteilt jeder Kolben z. B. bei 1200 relativen Minutentouren

$$\frac{1200}{2} = 600 \text{ Kraftimpulse}$$

an die Kurbelwelle. Die Fig. 7 ergibt in graphischer Darstellung das Bild der bezüglichen Kraftfelder während einer Zeitstrecke C, das sind die Kraftäußerungen innerhalb einer Sekunde.

Dieser Arbeitszustand setzt bei den gewöhnlichen Motorsystemen ein ganz bestimmtes Übersetzungsverhältnis voraus,

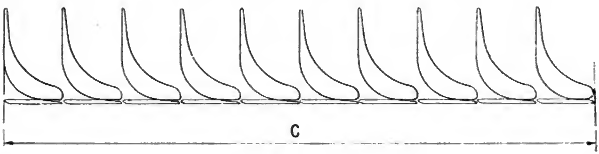


Fig. 7.
Kraftquelle per Zylinder beim Ajaxmotor in 1 Sek. (C) bei 1200 relativen Umdrehungen.

welches je nach Veränderlichkeit, z. B. beim Automobil zum Befahren von Steigungen, durch das Hilfsmittel der Wechsel- oder Friktionsgetriebe eine Regulierung bzw. Umschaltung erfordert. Damit wird nichts anderes als die Erhaltung der hohen Kolbengeschwindigkeit bezweckt: daß der Motor „auf Touren bleibt“. Die Regulierbarkeit ist so im allgemeinen innerhalb bestimmter Grenzen möglich, in größeren oder kleineren Absätzen, jedoch nur bei Reibungsgetrieben so, daß sich die günstigen Arbeitsbedingungen des Motors mit dem Kraftverbrauch decken, ganz abgesehen von der beträchtlichen Arbeit, welche durch die Getriebe verbraucht werden.

Der Ajax-Motor macht diese Hilfsmittel mit Wechselgetriebe unnötig. Sobald das Drehmoment größer wird, so beginnen die mit nutzbaren Reaktionswiderständen be-

lasteten Zylinder mit der Umlaufbewegung entgegengesetzt der Kurbelwelle, und zwar allmählich — vollkommen stoßfrei —, da sie als Drehkörper wirken und ihre Drehkraft durch die elastischen Gaskissen der Explosionen und Kompressionen auf natürliche Weise abgefedert ist. Je mehr das Drehmoment wächst, desto schneller rotieren die Zylinder, desto langsamer dagegen die Kurbelwelle, während die Kolbengeschwindigkeit immer dieselbe bleibt. Dieser Wechsel vollzieht sich selbsttätig in genauer Übereinstimmung mit dem Kraftgebrauch, da er durch diesen unmittelbar hervorgerufen wird. Der volumetrische und absolute Effekt ist dabei ebenfalls ungeschmälert, da die Kolbengeschwindigkeit unverändert bleibt, und zwar für alle Betriebszustände, also im besonderen auch während der Übergänge.

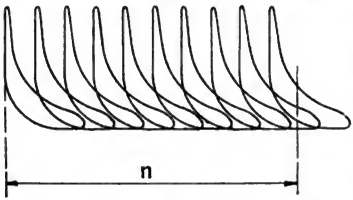


Fig. 8.
Kurbelwellendiagramm einer Umdrehung eines Ajaxmotors bei 120 Touren der Kurbelwelle per Min. (1200) relative Touren per Minute.

Während also bei den bisherigen Motoren Leistungen und Drehmoment mit abnehmender Tourenzahl immer schwächer werden und z. B. bei 120 Minutentouren nur noch ein einziges Kraftfeld innerhalb der möglichen Zeitstrecke C geliefert wird, nimmt beim Ajax-Motor das Drehmoment bei konstanter Leistung beständig zu, unter gleichzeitiger Vermehrung der Kraftfelder. Im ersteren Falle (bei den alten Motoren — der praktisch aber nicht erreicht wird — da die Abgabe von Nutzbarkeit erst von ca. 500 Touren ab beginnen kann, aus dem einfachen Grunde, weil die Schnelläufer mit zu großen Schwungmassen ausgestattet werden müßten, um die bei vollen Gasfüllungen entstehenden Kompressionswiderstände bei niedrigerer Tourenzahl zu überwinden) reduzieren sich die Kraftfelder der Zeitstrecke C auf ein einziges.

Beim Ajax-Motor haben wir aber auf derselben Zeitstrecke C wieder die vollen Kraftflächen nach der Figur 8 und obwohl sich die Kurbelwelle nur mit 120 Minutentouren bewegt, den ungeschmälerten volumetrischen und absoluten Effekt. Was sich auf zehn Arbeitszyklusse im Kurbelwellen-Diagramm nach den alten Motoren verteilt, das vereinigt sich hier auf einen, d. h. es erfolgen jede Sekunde auf die doppelte Kurbelumdrehung bzw. auf dem Wege n (Fig. 8):

$$\frac{1200}{2 \times 60} = 10 \text{ Explosionen.}$$

Jeder andere Motor kann auf demselben Wege pro Zylinder nie mehr als einen Kraftimpuls abgeben, d. h. er ist für die Eigenschaft unfähig, sich einem veränderlichen Drehmoment anzupassen — wenn man von den Mitteln der Gas- und Zündungsregulierung absieht, die nur in bestimmten Grenzen wirken und über die selbstredend der Ajax-Motor auch verfügt.

Was hier über die Veränderlichkeit der Drehmomente von einem Beispiel gesagt ist, das gilt vom Ajax-Motor für jeden beliebigen Fall. Ob sich die Kurbelwelle kaum merkbar dreht, oder ob sie die höchste Tourenzahl entwickelt, immer bleibt der Effekt derselbe. Das Drehmoment kann so in den stufenlosen Übergängen von unendlicher Feinheit als gleichmäßig ansteigende Linie denjenigen Höchstbetrag erreichen, welcher dem Produkt aus Explosionsdruck und dem Kurbelhebelarm entspricht. Dieser Fall trifft zu, wenn sich die Explosionen auf der langsam laufenden Kurbel so rasch folgen, daß sich die Kraftfelder decken.

Damit auch in diesem Falle der Effekt ungeschmälert bestehen bleibt, ist natürlich Bedingung, daß derjenige Teil der Kraft, welcher von den rotierenden Zylindern aufgenommen wird, unmittelbar wieder mittreibend an die Kurbelwelle abgegeben wird, wie dies auch beim Ajax-Motor geschieht. Die Bedeutung, welche diesem Vorgange beizu-

messen ist, erhellt erst klar in ihrer günstigen Wirkung, wenn darauf hingewiesen wird, daß die Umlaufbewegung der Zylinder ausschließlich Äußerungen der Reaktionskräfte sind. Wohl ist es gelungen, die schwingenden Teile der Automobilmotoren annähernd vollkommen auszubalancieren, doch die Einwirkungen der Reaktionskräfte, das sind die den stationären Teilen durch die Explosionen und Kompressionen erteilten Stöße, welche sich in den bekannten Erschütterungen äußern, konnten nicht beseitigt werden.

Der Ajax-Motor erfüllt auch diese Bedingung: Explosionen und Reaktionskräfte sind an ihren Erzeugungsstellen gegenläufig und vereinigen sich wieder gegenläufig in geschlossenem System zur gemeinschaftlichen Nutzwirkung in der Kurbelwelle.

Für Flugapparate ist dieses Aufheben der Reaktionskräfte von größtem Vorteil. Besonders geeignet ist der Ajax-Motor zum Antrieb von zwei gegenläufigen Schrauben, wobei stets ein Ausgleich in der Weise stattfindet, daß auf jede Schraube die gleiche Leistung übertragen wird, ein Gegendrehmoment am Flugapparat demnach nicht auftreten kann.

Was die Anzahl der Zylinder bei Luftschiff- und Flugmotoren überhaupt betrifft, so finden wir bei Motoren für Flugapparate vielfach eine ungerade Anzahl der Zylinder, namentlich bei sternförmiger Anordnung, weil in diesem Falle bei Viertaktmotoren nur dann die Möglichkeit besteht, die verschiedenen Arbeitshübe gleichmäßig zu verteilen, d. h. die Winkelabstände aller Arbeitsperioden gleichmäßig zu machen, was für den gleichmäßigen und stoßfreien Lauf von größter Wichtigkeit ist.

Sehr wichtig ist bei luftgekühlten Motoren die Kühlhaltung der Ventile. Die Saugventile werden zwar durch die frischen Gase gekühlt, um so mehr sind jedoch die Auspuffventile der Wärme der verbrannten Gase ausgesetzt. Das Bestreben vieler Konstrukteure geht deshalb dahin, Saug- und Auspuffventile zu vereinigen, und zwar wird mei-

stens eine Konstruktion angewandt, die bereits vor zehn Jahren vom Verfasser angegeben wurde, wobei das eine Ventil für jeden Zylinder mit einem Rundschieber versehen ist, welcher sowohl den Ein- wie Auslaß steuert. Das Ventil bleibt demnach vom Beginn der Auspuffperiode bis zum Schluß der Saugperiode geöffnet. Die nachstehende Fig. 9 zeigt die Konstruktion an der Patentzeichnung. Die Fig. 9 dieser Zeichnung zeigt das kombinierte Einlaß-

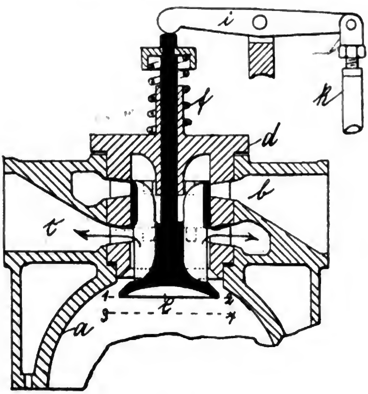


Fig. 9.
Mit Schalter kombiniertes Ventil für Ein- und Auslaß nach der Patentschrift DRP.141913.

und Auslaßventil mit dem mit demselben fest verbundenen Kolbenschieber in der Auspuffstellung. Die Gase entweichen durch den Kanal c, während Kanal b für das frische Gasgemisch durch den Schieber noch geschlossen ist. Die Ventilstange k, die mittels des Hebels i das Ventil e bewegt, gleitet jetzt auf den Bogen 2 bis 3 der in Fig. 12 gezeichneten Kurvenscheibe. Bei Weiterdrehung derselben in der Pfeilrichtung kommt von 3 bis 4 die zweite Stufe der Kurvenscheibe zur Wirkung und das Ventil und damit der Schieber wird in die Stellung 3=4 der Fig. 9 bewegt,

der Auspuffkanal geschlossen, der Saugkanal geöffnet. Nachdem sich die Kurvenscheibe von 4 bis 5 gedreht hat, wird von 5 bis 6 (Fig. 12) das Ventil geschlossen. Der äußere Kreis der Fig. 12 mit dem entgegengerichteten Pfeil ist der Kurbelkreis, die Zahlen an demselben geben die Stellungen der Kurbel bzw. des Kolbens im Verhältnis zur Kurvenscheibe an. Da es sich um einen Viertakt-Motor handelt, kommen zwei Umdrehungen der Kurbelwelle auf eine der Kurven-

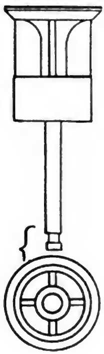


Fig. 10.
Schieber mit dem Ventil fest verbunden.

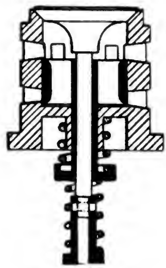


Fig. 11.
Schieber lose auf der Ventilspindel und durch besonderen Stößel betätigt.

scheibe. Die Fig. 11 stellt eine abgeänderte Form des Schieberventils dar, wobei der Kolbenschieber nicht mit dem Ventil fest verbunden ist, sondern lose auf der Ventilspindel schiebbar ist und durch besonderen Stößel betätigt wird. Bei der ersten Ventilbewegung von 1 bis 2 bleibt der Schieber in Ruhe und wird erst bei der Ventilbewegung von 3 auf 4 durch einen Ansatz auf der Spindel mitgenommen, wobei der obere Kanal geöffnet, der untere geschlossen wird.

Fig. 12b zeigt die Kurvenscheibe von vorn gesehen, in einer abgeänderten Form, wobei diese Scheibe außer zur Steuerung auch zur Regulierung des Motors dient. Die

Scheibe ist sehr breit und auf der Steuerwelle verschiebbar. Da der zweite Nocken 4=5 konisch ist, wird bei axialer Verschiebung der Kurvenscheibe der Saughub allmählich verringert, das frische Gasgemisch also gedrosselt. In Fig. 12a verläuft die zweite Stufe der Kurvenscheibe schräg, so daß bei axialer Verschiebung der Kurvenscheibe der Schieber allmählich immer später in die Saugstellung geschoben wird. Bei Beginn des Saughubes steht also noch der Auspuffkanal

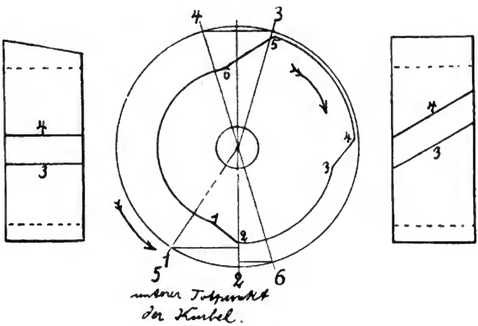


Fig. 12.

Schematische Darstellung eines kombinierten, zwangläufig gesteuerten Ein- und Auslassventils, wie es ähnlich beim Esnault-Pelterie-Motor verwendet wird. Zeichnung aus der Patentschrift DRP. 141913 (erloschen).

offen und es werden zunächst Auspuffgase in den Zylinder zurückgesaugt, erst später frisches Gasgemisch.

Diese erste Konstruktion hat den Fehler, daß beim Übergang von der Auspuffstellung zur Saugstellung beide Kanäle geöffnet sind. In der vom Verfasser später angegebenen und an einem Versuchsmotor ausgeführten Konstruktion nach Fig. 13 und 14 ist dieser Fehler vermieden, da sich erst der Auspuffkanal schließt, ehe der Einlaßkanal geöffnet wird, wie aus den Zeichnungen ohne weiteres klar ist. Bei der Besprechung des Esnault-Pelterie- und Pipe-

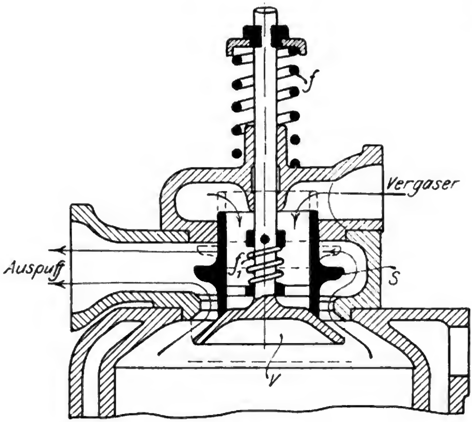


Fig. 13.

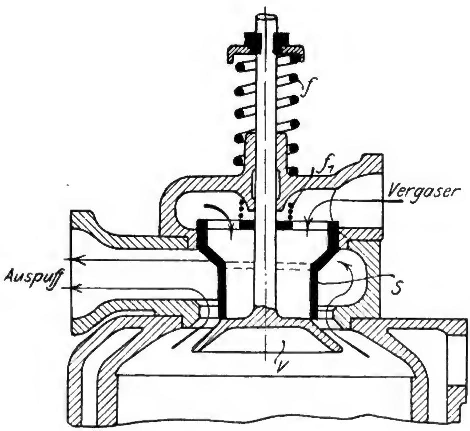


Fig. 14.

Motors wird auf diese Ventilanordnung, ihre Vorteile und Nachteile, näher eingegangen werden.

Der Gewichtsersparnis halber finden wir bei Luftschiff- und Flugapparatmotoren vielfach durchbohrte Kurbelwellen, ebenso werden die Pleuelstangen häufig hohl ausgeführt bzw. mit einer Reihe von Durchbohrungen versehen, und die Ventilgestänge als Rohrgestänge ausgeführt.

Manche Konstrukteure machen Kolben und Pleuel sehr kurz, um an Gewicht zu sparen. Dies muß man als falsch bezeichnen. Bei einem für Dauerbetrieb geeigneten Motor darf man die beim Auto-

mobilbau bewährten Verhältnisse nicht verändern, also Kolbenlänge annähernd Hub, Pleuel 2 mal Hub. Nur bei desaxialen Motoren (N. A. G.) kann man die Schubstangen etwas kürzer machen.

Aus dem gleichen Grunde der Gewichtsersparnis werden die Wassermäntel der Kühlung vielfach aus Kupferblech aufgezogen, in neuerer Zeit sogar, wie bei den E. N. V.-Motoren (Motor Syndicate Limited in Courbevoie), auf galvanischem Wege hergestellt. Vielfach werden schon die Kupfermäntel selbst mit Kühlrippen versehen (Rumpler), um dadurch den Kühlapparat selbst leichter und kleiner halten zu können.

Um bei gegebenen Zylinderdurchmessern eine möglichst hohe Leistung zu erzielen, wird natürlich mit ziemlich hoher Kompression gearbeitet, und um einen möglichst hohen volumetrischen Wirkungsgrad zu erreichen, werden die Widerstände für Ein- und Auslaß möglichst vermindert, d. h. die Ventilquerschnitte möglichst groß gewählt. Aus dem gleichen Grunde, wie auch um Gewicht zu sparen, arbeiten die Motoren für Flugapparate mit freiem Auspuff, verzichten also auf den Auspufftopf. Dies ist jedoch bei Motoren für Luftschiffe nicht angängig, im Gegenteil ist hier der konstruktiven Ausbildung des Auspufftopfes eine ganz besondere Sorgfalt zu schenken, um zu verhindern, daß aus demselben Gase von höherer Temperatur austreten, welche eine Entzündung des Wasserstoffgases im Ballon verursachen könnten.

Um bei gegebenem Gewichte eine möglichst hohe Motorleistung zu erzielen, werden die Tourenzahl bzw. die Kolbengeschwindigkeiten, namentlich bei Motoren für Flugapparate, bis aufs äußerste gesteigert. Die gegen die hohe Tourenzahl geltend gemachten Bedenken, daß der Verschleiß ein zu großer ist, namentlich am Kolben wegen der großen Kolbengeschwindigkeit, sind ungerechtfertigt, nachdem es jedermann durch die Erfolge bewiesen ist, daß man ohne jegliches Bedenken Motoren mit erhöhter und höchster Ge-

schwindigkeit laufen lassen kann und sich die Nachfrage nach hochtourigen Maschinen von Tag zu Tag steigert. Maschinen mit 4—5 m per Sekunde Kolbengeschwindigkeit sind bei unseren heutigen Materialien unbedenklich.

Beweist es uns doch die unumstößliche Tatsache, daß Automobil- und Bootsmotoren seit langen Jahren den täglichen Dauerbetrieb aushalten; ja, daß oft erst nach einer Betriebszeit von mehreren Jahren eine Reparatur an den Motoren nötig wurde.

Die Ansicht vieler über den Begriff von langsam laufenden Motoren geht sehr auseinander. Ein langsam laufender stationärer Motor hat fast eine ebenso hohe, teils noch höhere Kolbengeschwindigkeit als ein Automobil- und Luftschiffmotor. Dies ist leicht erklärlich durch folgendes Beispiel:—

Nehmen wir einen „Schnelläufer“ von 120 Bohrung × 120 Hub × 1200 Touren per Minute an, also einen Motor von effektiv 7 PS per Zylinder. Derselbe legt einen Weg von 120 × 2 = 240 × 1200 = 2880 : 60 = 4,8 m zurück. Ein langsam laufender Motor hat bei einer Leistung von ca. 7 PS anstatt 120 mm, 320 mm Hub; macht anstatt 1200 nur 400 Touren per Minute, also: 320 × 2 = 640 × 400 = 2560 : 60 = 4,3 m per Sekunde (also die Kolbengeschwindigkeit beider Motoren ist fast die gleiche).

Genau so liegen die Verhältnisse mit den übrigen beweglichen und sich reibenden Teilen, da z. B. die Kurbelwelle eines „Schnelläufers“ etwa 36 mm hat und die eines langsam laufenden Motors etwa das Dreifache beträgt. Die Hauptsache ist lediglich nur die, daß eine Maschine zweckentsprechend und gründlich durchkonstruiert ist, und man allen eintretenden Verhältnissen Rechnung trägt.

Der heutige Stand der Motorentechnik und die uns heute zu Gebote stehenden hochwertigen Qualitätsmaterialien, sowie die erschöpfende Verwertung aller nur verfügbaren Herstellungsmöglichkeiten gestatten uns ohne weiteres den Bau und die praktische Verwendung von schnell-

laufenden Kolbenmotoren. Alte Motorenfirmen von Weltruf, die früher mit ihren Motoren nicht über 800—1000 Touren per Minute hinausgingen, bauen heute anstandslos Explosionsmotoren von 1200, ja bis über 2000 Touren per Minute. Da ja auch die Umlaufzahlen von Dampfturbinen, Elektromotoren u. dgl. oft noch weit höhere sind, trotzdem aber lange Jahre hindurch und dauernd gut funktionieren, so wäre es direkt ungerechtfertigt, an der höheren Tourenzahl der „Schnelläufer" den geringsten Anstoß zu nehmen. Bei direktem Antrieb der Schrauben hat diese hohe Tourenzahl jedoch den Nachteil im Gefolge, daß der Wirkungsgrad der Schrauben ein schlechterer wird; es empfiehlt sich daher, bei Motoren mit hohen Tourenzahlen, trotz der Reibungsverluste und vermehrten Gewichtes, ein Vorgelege anzuwenden, um die hohe Umdrehungszahl des Motors für die Schrauben ins Langsame zu übersetzen. Ein anderer Ausweg wäre der, sehr langhübige Motoren zu konstruieren, statt des Mehrgewichtes des Vorgeleges also lieber ein Mehrgewicht infolge der Verlängerung der Zylinder sowie Antriebs- und Steuerungsorgane in Kauf zu nehmen. Durch den erheblich besseren Wirkungsgrad der langhübigen Motoren würde am Gewicht des Brennstoffes gespart werden, bzw. der Aktionsradius der Luftschiffe wird vergrößert.

Ebenso wichtig wie bei Automobilmotoren ist natürlich auch hier die Kühlung. Scheinbar liegen beim Luftschiffmotor die Verhältnisse für eine Luftkühlung günstiger als beim Automobil, da die Geschwindigkeit gegenüber der Luft immer dieselbe ist, und zwar eine ziemlich hohe, also eine schnelle und regelmäßige Lufterneuerung gewährleistet wird. Viele Versuche an luftgekühlten Motoren, auch seitens des Verfassers, haben jedoch erwiesen, daß es bei größeren Zylinderdimensionen nicht möglich ist, die Wärme durch Luftkühlung in hinreichender Weise abzuführen, wenn nicht ein Hilfsauspuff in der inneren Totpunktlage aufgedeckt wird und für schnelle Abführung der heißen Gase sorgt. Die Mängel, die beim Automobilmotor der untere freie

Auspuff hervorruft, treten beim Motor für Drachenflieger kaum auf. Der untere Auspuff beeinflußt nämlich den Vergaser, indem am Ende der Saugperiode frische Luft angesaugt wird, die das Benzinluftgemisch ärmer macht. Dem läßt sich zwar dadurch in einfachster Weise begegnen, daß der Vergaser ein überreiches Benzinluftgemisch liefert, aber die Gemischbildung läßt sich nur für eine gewisse Tourenzahl richtig einstellen. Wird der Motor gedrosselt, so wird das Gemisch durch die Zusatzluft aus dem unteren Auspuff zu arm und ist nicht mehr entzündungsfähig. Daher ist ein Motor mit Hilfsauspuff nur in sehr engen Grenzen in seiner Leistung veränderlich. Im Automobilbetriebe sehen wir daher solche Motoren nur bei Schrittmachermaschinen für die Rennbahn angewandt, die bei stets gleichbleibendem Übersetzungsverhältnis immer mit voller Leistung beansprucht werden. Dieses ist aber auch bei Motoren für Flugapparate der Fall, daher ist bei denselben die Anbringung des unteren freien Hilfsauspuffs nur vorteilhaft. Außer dem Vorteil der schnelleren Wärmeabführung wird der Auspuffwiderstand geringer und das Auspuffventil erfordert weniger Kraft zum Öffnen. Schließlich wird auch der volumetrische Wirkungsgrad verbessert, da die Füllung des Zylinders beim Saugen vollkommen ist. Für sehr große Zylinderdurchmesser wird jedoch auch mit diesem Hilfsauspuff eine genügend schnelle Wärmeabführung nicht mehr erreicht, so daß man gezwungen ist, bei starken Motorleistungen auf die im Automobilbau erprobte Wasserkühlung zurückzugreifen. Bei Motoren mit rotierenden Zylindern kann man bis 100 mm Bohrung sicher mit Luftkühlung auskommen. Für die schnelle Abführung der Wärme ist auch die Anordnung der Auspuffventile wichtig und die Gestaltung des Explosionsraumes. Ein halbkugelförmiger Explosionsraum mit Ventilen in der Zylinderachse ist am günstigsten. Solche Zylinder geben auch den besten Wirkungsgrad und die Herstellung aus Stahl ist möglich und damit eine Gewichtsersparnis.

Ein weiterer Umstand ist noch vorhanden, welcher der

Luftkühlung engere Grenzen anweist. Bei Motorluftschiffen besteht immer die Möglichkeit, daß Gase aus der Ballonhülle austreten und mit der Luft ein brennbares, explosibles Gemisch bilden. Wenn auch die Möglichkeit gering ist, so kann es doch vorkommen, daß diese Gase durch irgend welche Luftbewegung den überhitzten Motorwandungen zu nahe kommen und sich entzünden. Anders liegen die Verhältnisse bei Flugmaschinen; dort wird kein brennbares Gas verwendet und in der Tat scheinen sich dort luftgekühlte Motoren besser behaupten zu können. Während der aviatischen Woche in Reims hatten sich die luftgekühlten Anzani- und Gnomemotoren, letztere mit rotierenden Zylindern, vorzüglich bewährt. Mit einem luftgekühlten Anzanimotor flog Blériot über den Kanal.

Es darf aber nicht übersehen werden, daß der Gewichtsunterschied eines luftgekühlten Motors (abgesehen von solchen mit rotierenden Zylindern, der Gnomemotor ist der leichteste per PS) gegenüber dem eines Motors mit Wasserkühlung gar nicht so erheblich ist, daß es gerechtfertigt erscheinen kann, die verminderte Betriebssicherheit eines Motors mit Luftkühlung gegen eine kleine Gewichtsersparnis in Kauf zu nehmen. Auch der luftgekühlte Motor braucht verschiedene Organe, wie Ventilatoren, durch Rippen vergrößerte Oberflächen der Zylinderwandungen, Rohrleitungen usw., welche zusammen ein ganz erhebliches Gewicht repräsentieren.

Bei luftgekühlten Motoren werden natürlich auch die Temperaturen der Zylinderwände höhere sein als bei Motoren mit Wasserkühlung; dementsprechend wird auch der volumetrische Wirkungsgrad niedriger, und wir erhalten daher bei gleichen Zylinderdimensionen geringere Motorleistung als bei Motoren mit Wasserkühlung.

Schließlich ist bei luftgekühlten Motoren auch die Schmierung schwieriger, resp. der Ölverbrauch größer.

Es finden daher zurzeit auch an Flugapparaten meistens Motoren mit Wasserkühlung Verwendung, und zwar stoßen

wir dort vielfach auf eine Anwendung des Prinzipes der Wasserverdampfung, zum Teil ohne Kühlapparat, so daß der Motor nur so lange arbeiten kann, bis der Vorrat an Wasser verdampft ist. Die Société „Antoinette" wendet neuerdings Wasserverdampfung mit Kühlapparat resp. mit Kondensation an, indem der Dampf in einer Rohrschlange kondensiert und das Kondensat durch eine Pumpe wieder dem Reservoir zugeführt wird.

Wichtig ist wegen der Gewichtsersparnis die Materialfrage. Wir sehen daher, um möglichst geringe Gewichte der Hauptteile zu erhalten, viel Aluminium in den Luftschiff- und Flugmotoren. Nach der Meinung des Verfassers ist es aber falsch, soweit zu gehen, Zylinderköpfe, Ventilgehäuse und andere wichtige Teile des Motors aus Aluminium zu fertigen. Aluminium ist ein wenig zuverlässiges Material, wenn es stark beansprucht und dabei noch Erschütterungen ausgesetzt ist. Der richtige Weg zur erheblichen Gewichtsersparung ist die Verwendung von Stahl, auch die Zylinder lassen sich bei guter Konstruktion aus Stahl herstellen und dadurch kann man zirka 20 % Gewicht ersparen. (N. A. G., Adler- und Gnomemotor.)

Man muß auch möglichst alle hoch beanspruchten Wellen und Teile als Hohlkörper ausführen. Der hohle Querschnitt hat gegenüber dem vollen den wichtigen Vorzug, daß sein Widerstandsmoment in der Funktion des Durchmessers um eine volle Potenz größer ist, d. h. der Röhrenquerschnitt ist bei gleichem Material und Gewicht ganz bedeutend widerstandsfähiger, bzw. er kann bei gleicher Widerstandsfähigkeit entsprechend leichter gehalten werden als der volle. Es ist klar, daß die Folgen dieser allerdings kostspieligen Ausführung — zumal nur bester Chromnickelstahl verwertet wird — sich auf günstige Weise in der Betriebswirtschaftlichkeit geltend machen, welche den Mehraufwand an Kosten und Arbeit im Interesse des Betriebes jedoch rechtfertigt.

Als Befestigung für die Übertragungsorgane auf Wellen und Naben ist der gefräste Sechskant zu empfehlen, mit

Sicherung durch Nabenanschlag und Gewindemutter. Es ist dies für hoch beanspruchte Teile sicher die beste Befestigungsart, welche den technischen Anforderungen in jeder Hinsicht genügt. Die Sechskante müssen nach festen Normalien mit ausreichender Toleranz gearbeitet werden und gestatten bei genauer Ausführung die Montage und Demontage von Hand. Für bestimmte Fälle ist der Einkant vorteilhafter, nämlich um jeden Irrtum bei dem Wiederzusammensetzen der von Nichtfachleuten auseinander genommenen Maschine auszuschließen.

Chromnickelstahl und anderer hochwertiger Stahl ist bei Flugmaschinen nicht nur für die hauptsächlichsten Teile zu verwenden, sondern auch für Schrauben, Bolzen, Stifte usw., um Gewicht zu sparen.

Zur Zündung finden wir natürlich nur elektrische Zündapparate angewandt, und zwar ebenso häufig Batterie- wie Magnetzündung. Hier läßt sich eine wesentliche Gewichtsersparnis gegenüber den im Automobilbau verwendeten Apparaten nicht erzielen, alle Versuche haben vielmehr ergeben, daß eine nennenswerte Gewichtsersparnis am Zündapparat gleichbedeutend mit einer Verminderung der Betriebssicherheit ist.

Eine andere interessante Frage ist die der Achsenverschiebung. Bei einem gewöhnlichen Motor findet infolge der Bewegung des Pleuel ein Massendruck zwischen Kolben und den Zylinderwänden statt. Für eine bestimmte Neigung der Kurbelstange ist der Wert dieses seitlichen Stoßes proportional dem auf den Kolben ausgeübten Drucke. Kann man diesen Wert während der Arbeitsperiode durch irgend ein Mittel verringern, so kommt wenig in Betracht, ob dadurch der Druck während der Kompressionszeit vergrößert wird, weil der Druck, den der Kolben während der Arbeitsperiode erleidet, größer ist als der Kompressionsdruck. Dieses Mittel besteht einfach in der Achsenverschiebung des Motors im Sinne der Rotation; dadurch wird die Pleuelstange bei abgehendem Kolben eine weniger schräge Stellung einneh-

3*

men als bei aufsteigendem. Ist die Achsenverschiebung zu groß, so wird der Zweck nicht erreicht; ein Achtel des Hubs ist am besten, also z. B. 15 mm bei 120 mm Hub. Dann wird sich die Abnutzung erheblich vermindern; der Wirkungsgrad eines solchen Motors wächst zwar, aber nur unbedeutend gegenüber dem eines gewöhnlichen Motors, auch ändert sich nichts bezüglich der Erschütterungen und der Bedingungen der Ausbalancierung. Dagegen kann man am Gewicht der Kolben und Pleuelstangen durch Verkürzung derselben etwas ersparen. Wenn nun auch die Achsenverschiebung keine bedeutende Vervollkommnung darstellt, so ist sie doch immer eine Verbesserung, und da die Herstellungskosten die gleichen sind wie bei einem gewöhnlichen Motor, so kann man nur empfehlen, daß sie für Luftschiffmotoren mehr Verbreitung findet. Die N. A. G. baut ihre Luftschiffmotoren auf diese Weise (Fig. 26). Auch einige Motoren mit rotierenden Zylindern versetzen die Welle (Ajax).

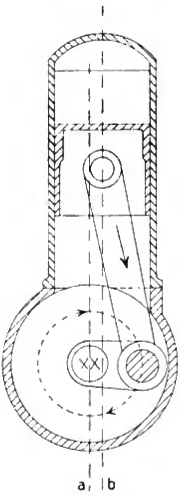


Fig. 15.
Desaxialer Motor. *a—b* Abstand von Wellenmitte gegen Zylindermitte.

Nach vorstehendem sollen hier die Bedingungen zusammengefaßt werden, unter denen es möglich ist, mit einem gegebenen Gewicht die größte Anzahl an Pferdekraftstunden zu erhalten, denn darauf kommt es an, nicht auf das geringste Gewicht per PS. Verlangt wird also ein leichter Motor mit geringem Brennstoff- und Ölverbrauch.

1. Guter volumetrischer Wirkungsgrad, also geringe Saug- und Auspuffwiderstände (große Ventildurchmesser) nicht drosselnder Auspufftopf.

2. Vollkommene Verbrennung, also gute Brennstoffmischung, hohe Kompression und günstiger Verbrennungs-

raum (Halbkugelform), lange, gut dichtende Kolben, Ventile, die sich durch Wärme nicht verziehen und nicht verbrennen (Kühlung der Ventile), bestes Material. Sicher wirkende Zündung,

3. Hohe Kolbengeschwindigkeit, also leichte Ausführung der hin und her bewegten Massen, namentlich Kolben und Pleuel, jedoch ohne dieselben wesentlich zu verkürzen, guter Massenausgleich und geringes Gewicht der hin und her bewegten Massen, also Verwendung bester Materialien, Bearbeitung der Kolben an allen Flächen. Richtiges Verhältnis vom Hub zur Bohrung.

4. Richtige Steuerung, also rechtzeitige Öffnung und Schließung der Ventile im Verhältnis zur Geschwindigkeit. Diese Forderung läßt sich bei Motoren für Luftschiffahrt leichter erreichen als bei Automobilmotoren, da Leistung und Tourenzahl nicht variieren. Voröffnung des Auspuffventils, um geringen Gegendruck beim Rückgang des Kolbens zu haben, Öffnung des Saugventils mit beginnendem Unterdruck im Zylinder und Schließen desselben bei gleicher Strömungs-Geschwindigkeit zwischen einströmenden Gasen und durch den aufsteigenden Kolben zurückgedrückten Gasen.

5. Ausnutzung des Verbrennungsdruckes, also langer Hub (diese Forderung unterstützt die Bedingungen 2, 3 und 4, steht aber im Widerspruch mit der Forderung des geringen Gewichts, es muß also ein Kompromiß zwischen geringem Motorgewicht per PS und geringem Brennstoffverbrauch geschlossen werden. Je länger ohne Landung bzw. Brennstoffaufnahme das Luftfahrzeug im Betrieb sein soll, je wichtiger ist ein geringer Brennstoffverbrauch, demnach für Luftschiffmotoren wichtiger als für Flugmotoren).

6. Sicher wirkende Zündung, um kein Aussetzen zu haben. Für sehr schnell laufende Motoren ist die Anwendung von zwei Zündungen zu empfehlen, aus Gründen der Betriebssicherheit empfiehlt sich dies für Luftschiffmotoren überhaupt.

7. Geringe innere Reibung. Richtig bemessene Lager

aus best geeignetem Lagermetall, oder Kugellager, sicher wirkende automatische Schmierung, Rücksichtnahme auf die Beschleunigungskräfte, geringer Seitendruck der Kolben (lange Pleuel, lange Kolben, Versetzen der Zylinder, desaxial).

Zur Verbesserung der Motoren nach obigen Gesichtspunkten haben die Motorenwettbewerbe, wie sie die Motorluftstudiengesellschaft in Berlin, die „Ila“ in Frankfurt und der französische Automobilklub gemeinsam mit dem Aeroklub in den Jahren 1908 und 1909 veranstaltet haben, wesentlich beigetragen. Auch für das Jahr 1910 sind derartige Wettbewerbe ausgeschrieben, deren Bedingungen nachstehend mitgeteilt seien, da sie die Interessenten auf die bei Abnahme von Motoren wichtigen Proben aufmerksam machen:

Die Motorluftschiff-Studiengesellschaft in Reinickendorf bei Berlin hat die Zulassung zu ihrem zweiten Preisausschreiben auf in Deutschland gebaute Luftfahrzeugmotoren beschränkt. Während das erste Ausschreiben sich nur auf Motoren für Luftschiffe bezog, erfährt das diesjährige Ausschreiben (1909) insofern eine Erweiterung, als bei diesem besonderer Wert auf Betriebsstoffverbrauch gelegt wurde, und auch Motoren für Flugmaschinen in den Wettbewerb einbezogen wurden, bei denen vornehmlich ein einwandsfreier Lauf und eine möglichst geringe Bedienung verlangt wird.

Für den mit 30 000 Mark Preisen ausgestatteten Bewerb, an dem diesmal schon Motoren von 15 PS zugelassen sind, gelten folgende Bestimmungen: Die Anmeldungen haben für Luftschiffmotoren (Klasse A) und für Flugmaschinenmotoren (Klasse B) in getrennter Weise zu erfolgen, während die anzuliefernden Motoren selbst sich in einer für eine Prüfung notwendigen Verfassung befinden müssen. Bei Anrechnung des Gewichts kommt für Luftschiffmotoren (Klasse A) der Bedarf an Betriebsstoff für 15 Stunden, für Flugmaschinenmotoren (Klasse B) jedoch nur ein solcher

von 5 Stunden in Betracht. Die Prüfung, welche durch Ingenieure unter Kontrolle des Prüfungsausschusses erfolgt, wird sich auf die Feststellung der tatsächlichen Leistung durch Abbremsen mit Hilfe einer geeichten Dynamomaschine, des Brennstoff- und Ölverbrauchs und der Zuverlässigkeit des Ganges erstrecken; und zwar bei Klasse A für einen Dauerlauf von 10 Stunden, bei Klasse B für einen solchen von 5 Stunden. Nach vollendeter Dauerprüfung werden alsdann die Motoren unter Vollbelastung je eine Stunde in wechselnder Lage und bei einer Winkelstellung von 15° zur Längsrichtung des Motors gegenüber der Horizontalen einer zweimaligen Prüfung unterworfen.

Für die erste Prüfungsphase ist zur besonderen Bedingung gemacht, daß bei den Luftschiffmotoren die Gesamtzeit etwaiger Reparaturen, wie z. B. des Auswechselns der Zündkerzen, eine Viertelstunde nicht überschreitet, während bei dem fünfstündigen Lauf der Flugmaschinenmotoren weder eine Reparatur noch eine Dienstleistung, es sei denn die Handhabung des Zündregulierungs- und Vergasungshebels, vorgenommen werden darf. Um dem Vierzylindermotor nicht den Vorzug vor dem mit mehr Zylindern zu geben, soll das Schwungmoment der rotierenden Massen so bemessen sein, daß mindestens ein Gleichförmigkeitsgrad von 1: 70 erreicht wird. Für die Gewichtsberechnung gelten folgende Beispiele:

Klasse A.

Gewicht eines 100 PS Motors komplett . .	300	kg
Gewicht des Kühlers mit Zubehör	80	,,
Wasserfüllung	60	,,
Benzin für 15 Stunden	375	,,
Öl für 15 Stunden	45	,,
Benzinbehälter	37,5	,,
Ölbehälter	9	,,
Summe	906,5	kg

Klasse B.

Gewicht eines 20 PS-Motors komplett . .	60	kg
Gewicht des Kühlers mit Zubehör	20	,,
Wasserfüllung	20	,,
Benzin für 5 Stunden	35	,,
Öl für 5 Stunden	3	,,
Benzinbehälter	3,5	,,
Ölbehälter	0,6	,,
Summe	142,1	kg

In die Gewichtsberechnung des Motors werden u. a. nicht einbezogen: Auspufftopf und -leitung, Reibungskuppelung und Getriebe, die Wasserleitung zwischen Kühler und Motor sowie Anwurfsvorrichtungen, die ein gefahrloses Bedienen, welches zur Voraussetzung gemacht ist, bezwecken. Was die oben gegebenen Beispiele anbetrifft, so sollen sie wohl die Gewichtsberechnung erläutern, keinesfalls als Maßstab für die zu stellenden Anforderungen an die Motoren dienen.

Die Anmeldungen der einzelnen Motoren hat bis zum 1. Januar 1910 zu erfolgen, die Motoren selbst müssen bis 1. März desselben Jahres für den Abruf bereit sein. Über die Art der Preisverteilung befindet eine Kommission, die aus Geheimrat Prof. Dr. Slaby und Prof. Dr. Klingenberg als Vorsitzenden und Oberingenieur Basenach, Major Groß, Prof. Josse, Hauptmann von Kehler, Ingenieur Kiefer, Prof. Lutz sowie Major von Parseval besteht.

Ein ähnlicher Wettbewerb für Flugmaschinen-Motoren wird vom französischen Automobilklub ausgeschrieben und findet Januar 1910 in dem Laboratorium der technischen Kommission des Klubs, 128 rue du Bois, Levallois, statt.

Es werden nur Verbrennungsmaschinen zugelassen, die erkennen lassen, daß sie imstande sind, in einer den Bedingungen des Wettbewerbs entsprechenden Weise zu funktionieren.

Die Motoren müssen eine Leistung von mindestens 25 PS und höchstens 80 PS besitzen.

Sie dürfen, um an der Klassifizierung teilnehmen zu können, nicht mehr als 4 kg pro effektive PS wiegen (mittleres Resultat der Prüfung). Bei der Bewertung des Verhältnisses von Gewicht und Leistung wird jeder Motor, der mehr als 80 PS entwickelt, angesehen, als hätte er nur dies Maximum erreicht.

In dem Gewicht, das den Berechnungen zugrunde gelegt wird, ist neben dem Gewicht des Motors einbegriffen das Gewicht aller Organe, die zum Funktionieren notwendig sind. Während der Versuche werden die Auspuffgase aus dem Saale ins Freie durch eine Rohrleitung geführt, deren Herstellung den Konkurrenten obliegt. Das Gewicht dieser Leitung wird aber nicht zu dem Gewichte der Motorgruppe gerechnet.

Andererseits wird bei der Bewertung der Leistung dem Einfluß der Rohrleitung nicht Rechnung getragen.

Als nötige Organe werden angesehen:

Bezüglich der Bildung des Gasgemisches: der Benzinbehälter, der Vergaser, die Rohrleitung für die Zuführung des Benzins in einer Länge von mindestens zwei Meter, die Rohrleitung für die Verteilung des Gases auf die Ventile und ebenso diejenige für die Erwärmung des Vergasers.

Bezüglich der Zündung: die Magnetapparate oder die Zünd-Spule und die Akkumulatoren im Arbeitszustande, die Verteiler, die Umschalter und die Leitungen.

Bezüglich der Kühlung mit Wasser: der Wasserbehälter und die Zuführungsleitung von mindestens zwei Meter Länge, die Leitung für den Umlauf zwischen den Zylindern, die Pumpe, der Kühler, der Ventilator und seine Antriebsvorrichtung.

Bei der Luftkühlung ist das den nötigen Luftstrom sicherstellende System in dem Gewicht des Motors ebenso wie sein Antrieb einbegriffen, die nötige Kraft muß aber dem Motor entnommen werden.

Bezüglich der Schmierung: der Ölbehälter, die Verteiler, die Pumpen und im allgemeinen alle anderen Organe, die beim Betriebe des Motors benutzt werden.

Gleichfalls werden zum Gewicht des Motors gerechnet: das Gewicht des Benzins, des Kühlwassers, des Öls und der Schmiermittel, soweit sie nötig sind, um den Gang des Motors mit mittlerer Kraft für den Versuch während einer Stunde zu gewährleisten. (Diese Prüfungszeit ist etwas kurz bemessen.)

Der Motor muß mit allen zum Betrieb nötigen Organen einen festen Block bilden. Dieser Block wird gewogen.

Ausgenommen sind jedoch die Behälter für Benzin und Kühlwasser, der Kühler und die Akkumulatoren, sie können getrennt von dem Block sein, ihr Gewicht und das der zugehörigen Leitungen wird jedoch dem Gewicht des Blocks hinzugefügt.

Die Motoren müssen unter voller Belastung drei Stunden lang ohne Unterbrechung laufen; die in dieser Zeit entwickelte mittlere Kraft wird für die Klassifizierung benutzt. Dieser Prüfung muß aber ein Leerlauf von der Dauer einer Viertelstunde vorhergehen, unter den vom Konstrukteur angegebenen normalen Bedingungen bei Ausschluß jedes Organs von der Motorwelle.

Alle flüssigen Brennstoffe sind gestattet.

Den Konstrukteuren steht ein Tag für die Montage jedes Motors, und ein zweiter Tag für die ihnen nötig erscheinenden Vorprüfungen zur Verfügung; am dritten Tage findet die dreistündige Prüfung statt, am vierten Tage wird der Motor von der Bank abgenommen.

Ein Motor, der die dreistündige Prüfung nicht durchführt, kann nicht klassifiziert werden.

Am dritten Tage können die Konstrukteure bei Fehlschlägen dreimal wieder die Prüfung beginnen. Jedes Anhalten während einer Prüfung hat die Ungültigkeit dieser Prüfung zur Folge. Ähnlich sind die Bedingungen für die Motorprüfungen der IIa.

Nach Erörterung dieser allgemeinen Konstruktionsgrundsätze mögen nun in nachstehendem die einzelnen ausgeführten und bewährten Motorkonstruktionen, in 2 Hauptgruppen geteilt, näher beschrieben werden, und zwar ist zu konstatieren, daß Deutschland in bezug auf den Bau von Luftschiffmotoren mit an erster Stelle steht, bezüglich des Baues von Motoren für Flugapparate jedoch noch hinter Frankreich zurücksteht, was die Anzahl der verschiedenen Konstruktionen anbelangt.

In der folgenden Besprechung sollen nur die verschiedenen Motorkonstruktionen von Bedeutung beschrieben und nach ihrer besonderen Verwendbarkeit unterschieden werden, wir trennen sie daher in die Gruppen:

Motoren für Luftschiffahrt mit den Unterabteilungen:

1. Motoren mit stehenden Zylindern,
2. Motoren mit V-förmig angeordneten Zylindern.

Motoren für Flugapparate:

1. wassergekühlt,
2. luftgekühlt.

Die luftgekühlten Motoren kann man ferner einteilen in:

1. Motoren normaler Bauart mit stehenden Zylindern bei rotierenden Kurbelwellen,
2. Motoren mit rotierenden Zylindern, und zwar
   a) mit feststehenden Kurbelwellen bei rotierenden Zylindern,
   b) als Kombination: mit rotierenden Zylindern und rotierenden Kurbelwellen.

Nach der Zylinderanzahl finden wir Motoren mit 2 bis 14 Zylindern vertreten, wir unterscheiden Motoren mit 2, 3, 4, 6 und 8 Zylindern, und nach der Anordnung der Zylinder: vertikal, V-förmig, kreuzförmig, sternförmig und endlich fächerförmig.

Ferner unterscheiden wir Motoren mit einfach- und solche mit doppeltwirkenden Zylindern, an welche sich noch die Zweitaktmotoren anschließen. Die noch für Luftschifffahrt vorgeschlagenen Gasturbinen kommen vorläufig nicht in Betracht, da es noch nicht gelungen ist, eine brauchbare Explosions- oder Verbrennungsturbine für stationäre Zwecke zu konstruieren.

II.

Motoren für Luftschiffahrt.

1. Luftschiff-Motoren mit stehenden Zylindern.

„Mercedes"-Luftschiffmotor der Daimlerwerke.

Diese rühmlichst bekannte Firma hat als erste die Fabrikation von Luftschiffmotoren aufgenommen.

Die „Mercedes"-Luftschiffmotoren haben 4 oder 6 Zylinder, die paarweise zusammengegossen sind, und zwar bestehen die Zylinder aus Grauguß; überhaupt weicht dieser Luftschiffmotor wenig von den bekannten Automobilmotoren der Daimlerwerke ab. Auch ist dieser Motor mit ca. 4 kg per PS schwerer als viele andere Luftschiffmotoren.

Die Einlaßventile liegen oben in der Vertikalachse der Zylinder, so daß die Steuerung mittels Schwinghebel erfolgt, während die Anlaßventile seitlich an den Zylindern angeordnet sind. Durch die Anordnung des Saugventiles in der Mitte entfällt ein zweiter Ausbau des Zylinderkopfes, und der schädliche Raum erhält eine günstigere Form, so daß man mit dem Kompressionsverhältnis höher gehen kann.

Das aus Aluminium gegossene Kurbelgehäuse ist in der durch die Kurbelwelle bestimmten wagerechten Ebene in zwei Hälften geteilt und wird durch Abzugröhren entlüftet. Die Tragarme sind an der unteren Hälfte des Gehäuses angebracht.

Der Kolben üblicher Gestalt besteht aus Grauguß; die Schubstangen haben I-Querschnitt und sind geschmiedet. Die Kurbel aus Chromnickelstahl läuft in Gleitlagern, die mit Weißmetall ausgegossen sind.

Der Motor wird mit der Hand mittels einer gewöhnlichen Andrehkurbel in Gang gesetzt. Durch Verschieben der Steuerwelle kommen dabei Hilfsnocken unter die Auspuffventilspindeln; dadurch wird die Kompression in den Zylindern vermindert, also das Andrehen erleichtert.

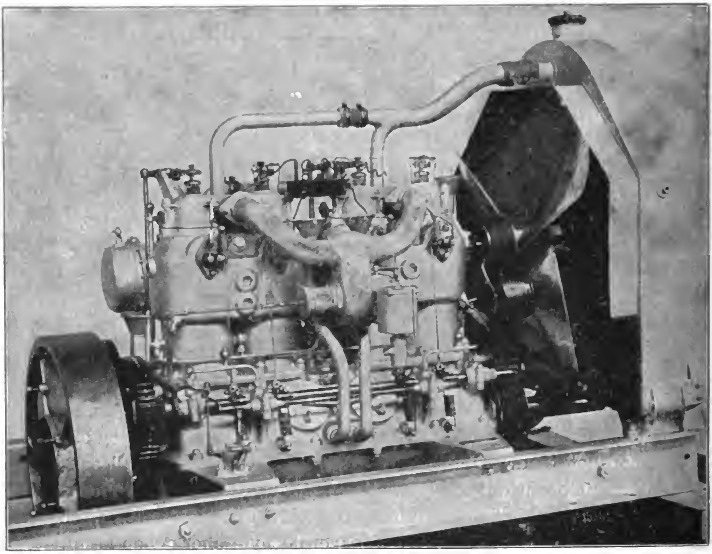


Fig. 16.
„Mercedes"-Luftschiffmotor. Vergaserseite.

Die nicht eingekapselten Zahnräder auf der Steuer- und Zündwelle sind in der Nähe des Schwungrades angeordnet und bestehen aus Fiber, das Zahnrad auf der Kurbelwelle aus Stahl. In dem Zahnrad auf der Zündwelle ist der Regulator angebracht.

Die Saugventile sind sehr groß und werden durch

Schwinghebel betätigt, die ihre Bewegung durch Druckstangen von der im Kurbelgehäuse gelagerten Steuerwelle erhalten. Die Stangen sind durch Kugelgelenke mit den Schwinghebeln und mit den Stößeln verbunden. Die Auspuffventile werden in üblicher Weise von der Steuerwelle unmittelbar durch Stößel betätigt.

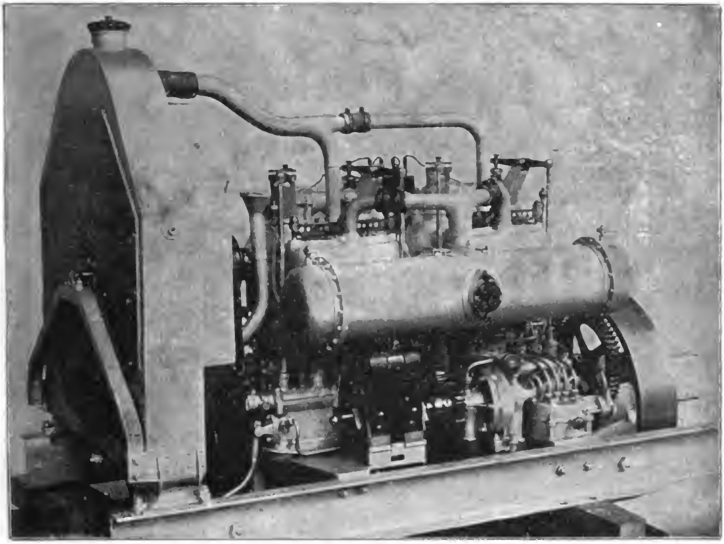


Fig. 17.
„Mercedes“-Luftschiffmotor. Auspuffseite.

Der Mercedes-Luftschiff-Vergaser unterscheidet sich von den üblichen Automobilvergasern dadurch, daß er ohne Zusatzluft arbeitet. Die vom Motor angesaugte Luft wird vor dem Vergaser durch den Auspufftopf hindurchgeführt und so gut vorgewärmt.

Die sehr kurze, gegossene Auspuffleitung mündet in

einen unmittelbar an den Motor angebauten Auspufftopf, der mit Rücksicht auf die entzündlichen Ballongase mit Wasser gekühlt ist. Hierdurch wird erreicht, daß die Auspuffgase mit niedriger Temperatur austreten.

Die Abreißzündung der bei allen Mercedes-Motoren üb-

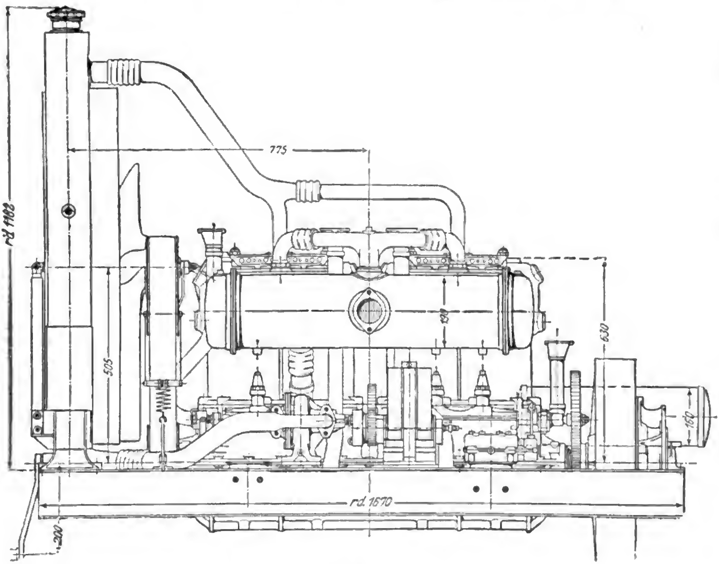


Fig. 18.
„Mercedes"-Luftschiffmotor. Ansicht von der Auspuffseite.

lichen Art wird von einem Niederspannungs-Magnet-Induktor (System Bosch) gespeist.

Das Kühlwasser wird durch eine Kreiselpumpe in Bewegung erhalten; Pumpe und Magnet werden von einer gemeinsamen Welle angetrieben, die ihre Drehung durch ein in der Mitte des Motorgehäuses angeordnetes Stirnräderpaar von der Steuerwelle erhält. Das Wasser wird

dem bekannten Bienenkorbkühler zugeführt, hinter dem ein dreiflügeliger Ventilator mit breiten Flügelflächen angeordnet ist; er wird von der Kurbelwelle durch einen Riemen bewegt, der durch eine Rolle gespannt werden kann.

Der Motor ist mit Zentralschmierung versehen, die von der Steuerwelle aus betätigt wird.

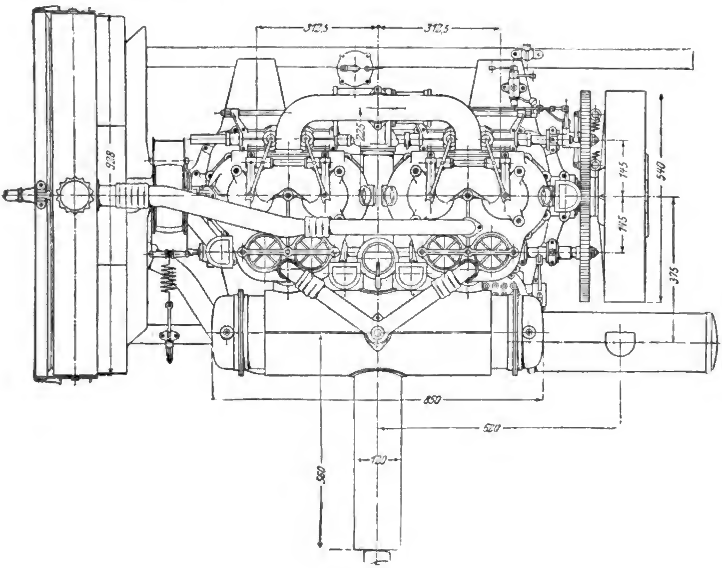


Fig. 19.
Mercedes-Luftschiff-Motor. Ansicht von oben.

Der Mercedes-Luftschiff-Motor wird in zwei Größen gebaut, der kleinere Typ mit 140 mm Bohrung und 130 mm Hub leistet 60 PS bei 1200 Touren per Minute, der größere Typ mit 175 mm Bohrung und 150 mm Hub 100 PS. Ein noch größerer Typ für eine Leistung von 150 PS ist in Vorbereitung. Diese Motoren sind in alle Zeppelin-Luft-

schiffe eingebaut. Auch die ersten Parseval-Luftschiffe wurden mit Mercedes-Motor ausgerüstet.

Bei den Motoren der Zeppelinluftschiffe sind einige Male Zylinderbrüche und Auslaufen der Pleuellager vorgekommen. Wieweit die Schuld an der Wartung oder an Fehlern des Materials, ev. der Konstruktion liegt, läßt sich nicht sagen,

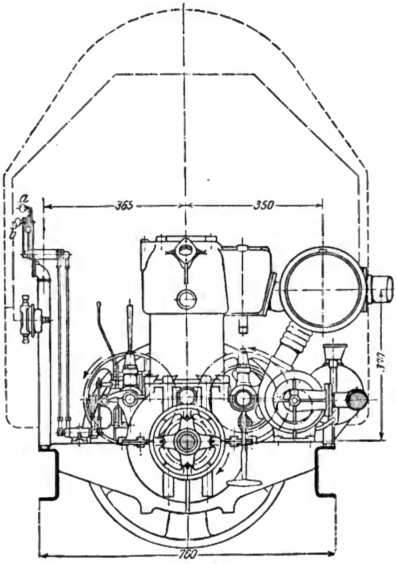


Fig. 20.
Ansicht von oben, ohne Ventile und Gestänge.

schon deshalb nicht, weil die Firma Schnittzeichnungen des Motors nicht zur Verfügung stellt.

Luftschiffmotor der Argus-Motorengesellschaft.

Der in das französische Luftschiff „Ville de Paris“ eingebaute Argusmotor, Fig. 21, ist ein Vierzylindermotor mit

hintereinander stehenden Zylindern von 165 mm Zylinderdurchmesser, 170 mm Hub, 75 PS bei 800 Uml./Min., und wiegt rd. 370 kg, per PS, also über 4 kg.

Die gußeisernen, mit Wasser gekühlten Zylinder sind paarweise zusammengegossen. Zylinderkopf, Zylindermantel und Wassermantel für einen Zylinder bestehen demnach aus einem Stück. Die Ventile sind an beiden Seiten angeordnet und finden ihren Sitz in Ausbauten des Zylinders. Der

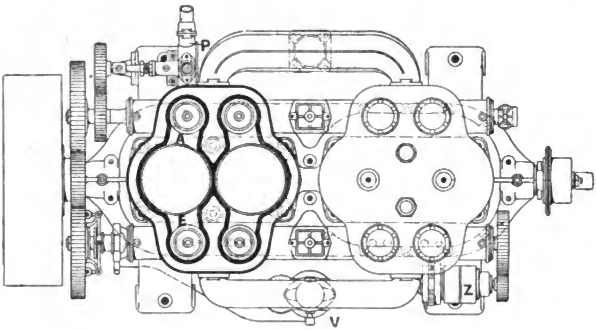


Fig. 21.

„Argus“-Motor. Ansicht von oben. *E* Einlaßventil, *A* Auspuffventil, *V* Vergaser, *P* Wasserpumpe, *Z* Zündapparat.

schädliche Raum hat infolgedessen eine unregelmäßige Form und große Oberfläche.

Die Ventile haben die bei Automobilmotoren übliche Form und werden unmittelbar durch die Stößel betätigt.

Die Zahnräder für die beiden Steuerwellen sind auf der Schwungradseite angeordnet und nicht eingekapselt. Die Steuerwellen selbst befinden sich in besonderen Ausbuchtungen des Gehäuses und betätigen die Saugventile und die Auspuffventile in der bei Automobilmotoren üblichen Weise. Auf einer der beiden Wellen ist ein Regulator vorhanden, was sonst nur bei wenigen Luftschiffmotoren üblich ist.

Saugleitung und Auspuffleitung sind gegossen; der Ver-

gaser, Bauart Cudell, ist selbsttätig. Der Auspufftopf ist unter dem Motor angebracht.

Für die Hochspannungs-Lichtbogenzündung sind ein Magnet und als Aushilfe eine Batterie vorhanden.

Das Wasser zum Kühlen der Zylinder wird durch eine Kreiselpumpe einem ziemlich großen Kühler zugeführt. Unmittelbar hinter diesem Kühler ist ein Ventilator angeordnet, welcher durch Riemen von der an das Schwungrad angeschlossenen Schraubenwelle getrieben wird. Dieser Motor hat sich bei den vielen Fahrten des Luftschiffes „Ville de Paris“ bestens bewährt.

N. A. G.-Luftschiffmotor der Neuen Automobil-Gesellschaft.

Der Luftschiffmotor der Neuen Automobil-Gesellschaft, (Fig. 22 bis 30), welcher ebenso wie der Mercedes-Motor bei dem Wettbewerb der Motorluftschiff- Studiengesellschaft mit einem ersten Preis ausgezeichnet worden ist, ist ein Sechszylindermotor mit hintereinander stehenden Zylindern. Seine Leistung beträgt rd. 120 PS bei 1500 Uml./min, 150 mm Zylinderdurchmesser und 130 mm Hub. Die Zündabstände sind gleich und betragen 120°, das Drehmoment ist daher gleichförmig, so daß das Schwungrad leicht ausfällt. Der Massenausgleich ist vollkommen, da sich die freien Kräfte und Momente stets aufheben, der Motor läuft also ohne Erschütterungen.

Die gesamte Anordnung des Motors (Fig. 22 bis 25) ist so getroffen, daß alle Mechanismen und Teile, die der Wartung und Beobachtung bedürfen, auf e i n e Seite gelegt sind. Daher braucht bei außerhalb der Mitte der Gondel angeordnetem Motor nur e i n Maschinistenstand geschaffen zu werden. Für die Verwendung von zwei Motoren in einer Gondel ist der gleiche Motor symmetrisch und linkslaufend gebaut worden, so daß auch hierbei nur ein Platz für den Motorführer erforderlich ist. Um eine solide Lagerung des ganzen Motors

zu gewährleisten, liegt der Oberteil des Kurbelgehäuses seitlich in seiner ganzen Länge mit zwei durch Rippen versteiften Leisten auf den Gondellängsträgern auf (Fig. 22 bis 25).

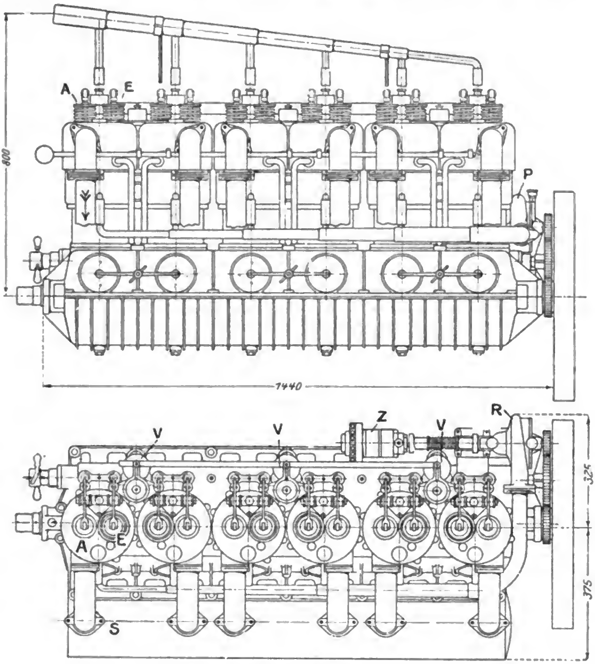


Fig. 22 und 23.
N. A. G.-Luftschiffmotor.
Seitenansicht und Ansicht von oben. *A* Auspuffventil, *E* Einlaßventil, *S* Auspufftopf, *V* Vergaser, *P* Wasserpumpe, *Z* Zündapparat.

Außer den beiden Endlagern haben sämtliche Grundlager besondere Lagerdeckel, welche von Schrauben am Kurbelgehäuse-Oberteil getragen werden. Daher ist es leicht möglich, durch die Abnahme des Unterteils die Lager zu kontrol-

lieren. Der Kurbelgehäuse-Unterteil (Fig. 22 und 26) ist also in der Hauptsache als Ölbehälter ausgebildet, welcher durch Zwischenwände in sechs Kammern geteilt ist; hierdurch erhält auch bei Schrägstellung der Gondel jedes Kurbellager die gleiche Ölmenge. Zur Ableitung der Wärme hat das Unterteil querlaufende Rippen. Jede Kammer hat an der tiefsten Stelle einen durch Schrauben verschlossenen Öl-

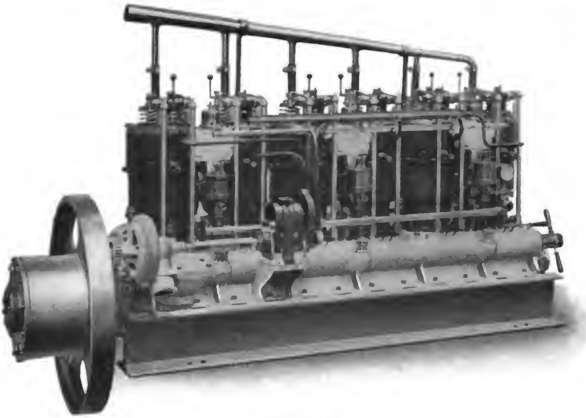


Fig. 24.
„N. A. G." Luftschiffmotor. Seite mit der Steuerwelle, dem Zündapparat, Vergaser usw.

ablaß. Die Ölung ist zwangläufig mittels einer von der Steuerwelle durch Schnecke und Zahnrad angetriebenen Pumpvorrichtung.

Die Zylinder sind jeder für sich am Kurbelgehäuse befestigt. Sie bestehen aus einem stählernen, innen geschliffenen Mantel und einem gußeisernen Zylinderkopf, der damit verschraubt ist. Ein Ring aus weichem Kupfer besorgt die Dichtung zwischen beiden Teilen. Die Zylinder sind mit Wasser gekühlt. Der obere Teil des Wassermantels ist mit dem Zylinderkopf zusammengegossen, seine Fortsetzung nach

unten bildet ein Kühlmantel aus Kupferblech, der unten durch Gewinde mit dem Zylinder verbunden und durch Verstemmen abgedichtet ist. Der Anschluß des Kupfermantels an den Zylinderkopf gestattet, daß sich der Mantel gegen den Zylinderkopf in der Längsrichtung etwas verschieben kann, wodurch die Unterschiede in den Wärmedehnungen des Zylinders und des Kühlmantels, welche das Dichthalten gefährden würden, unschädlich gemacht werden.

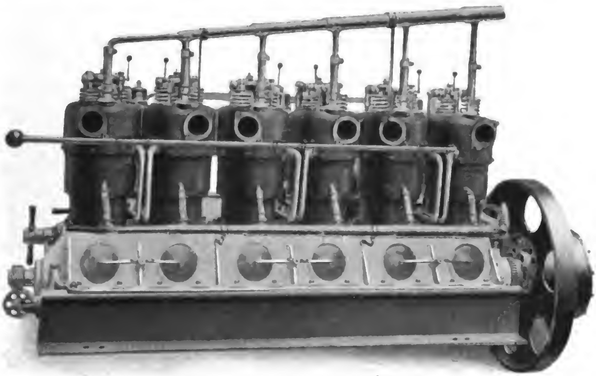


Fig. 25.
„N. A. G.“-Luftschiffmotor. Auspuffseite.

Die hängenden Ein- und Auslaßventile sind nebeneinander auf den Zylindern in deren Längsachse angeordnet. Das Einlaßventil (Fig. 26a) hat einen besonderen, eingesetzten Ventilsitz, welcher leicht auswechselbar ist. An seiner Oberfläche ist eine Zahnung mit eingreifender Sicherung vorgesehen. Das Auslaßventil ist unmittelbar in den Zylinderkopf eingesetzt, sein Sitz durch Wasser gekühlt; der Ventilkegel kann durch die Öffnung des Einlaßventiles hindurch ausgewechselt werden. Die Betätigung der Ventile von der Nockenwelle aus geschieht durch je eine Stoßstange und

einen doppelarmigen Hebel (Fig. 25 und 26). Die Stoßstange aus schwachwandigem Rohr hat an beiden Enden halbkugelförmige Stahlkappen.

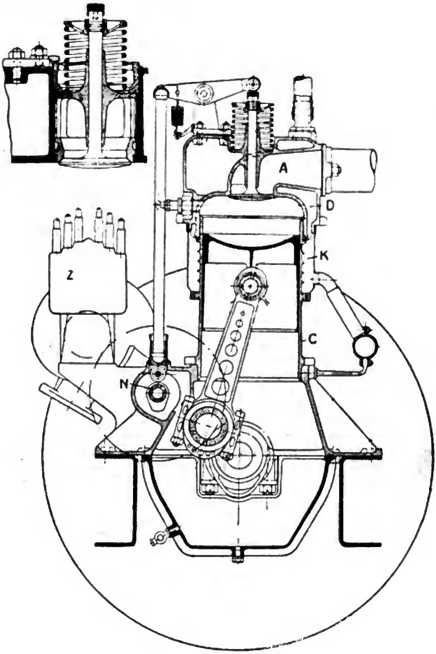


Fig. 26 und 26 a.

Fig. 26. Schnitt durch den N. A. G.-Luftschiffmotor. — Fig. 26a. Schnitt durch das Einlaßventil. *A* Auspuffventil, *C* Zylinder, *D* Zylinderdeckel, *K* Kühlmantel, *N* Steuerwelle, *Z* Zündapparat.

Die Kolben sind sehr leicht, sie haben vier Kolbenringe. Ihre Böden sind ausgehöhlt, um die Verbrennungsräume der Kugelform zu nähern; außerdem gestattet das eine Ersparnis an Bauhöhe, da die Hohlräume der Kolbenböden

mit als Verbrennungsräume dienen, also die Zylinder niedriger werden können. Die hohlen Kolbenbolzen aus Nickelstahl sind sehr dünnwandig.

Die Schubstangen sind aus Stahl geschmiedet und ungewöhnlich kurz. Damit bei schräger Lage der Schubstangen die seitlichen Drücke auf die Kolbenbahnen während des Arbeitshubes nicht größer werden als gewöhnlich, sind die Zylindermittel gegen das Mittel der Kurbelwelle versetzt. Die kurzen Schubstangen ermöglichen geringere Bauhöhe des Motors.

Das Kurbelgehäuse ist in der durch die Wellenmitte hindurchgehenden wagerechten Ebene geteilt und aus Aluminium gegossen. Der Oberteil des Gehäuses liegt mit gehobelten Flächen auf beiden Seiten der ganzen Länge nach auf dem Fundament auf und enthält sieben Lager für die Kurbelwelle; nur die Deckel der beiden Endlager bilden mit dem Unterteil des Gehäuses ein Stück, die übrigen Lager haben getrennte Lagerdeckel. Auf der Auspuffseite des Kurbelgehäuses sind Handlöcher angebracht, die durch einen einfachen Bügel verschlossen gehalten werden. Eine besondere parallel zur Kurbelwelle verlaufende Ausbuchtung des Gehäuses dient zur Aufnahme der Steuerwelle. Zum Entlüften der Kurbelkammer sind drei Öffnungen.

Auf zwei, ebenfalls am Kurbelgehäuse-Oberteil befindlichen Konsolen ruhen zur Kühlwasserzirkulation eine kräftig wirkende Zentrifugalpumpe und für die Zündung der Hochspannungs-Magnetapparat. Der Antrieb erfolgt durch eine außerhalb des Kurbelgehäuses liegende Zahnradübersetzung auf die Pumpenwelle, während die Welle des Magnetapparates mit dieser durch eine leicht lösliche Schnappkupplung verbunden ist (Fig. 24). Das Übersetzungsverhältnis von der Nockenwelle ist, der Zündung des Sechszylinders entsprechend, 2:3. Auf der Auslaßseite sind zur Beobachtung des Kurbeltriebes sechs runde Öffnungen vorgesehen, welche einzeln durch Blechdeckel verschlossen werden (Fig. 25);

letztere werden paarweise von einem leicht abnehmbaren Bügel angedrückt.

Die Kurbelwelle ist zwischen jedem Pleuellager gelagert, so daß sie sieben, mit Weißmetall ausgegossene Grundlager

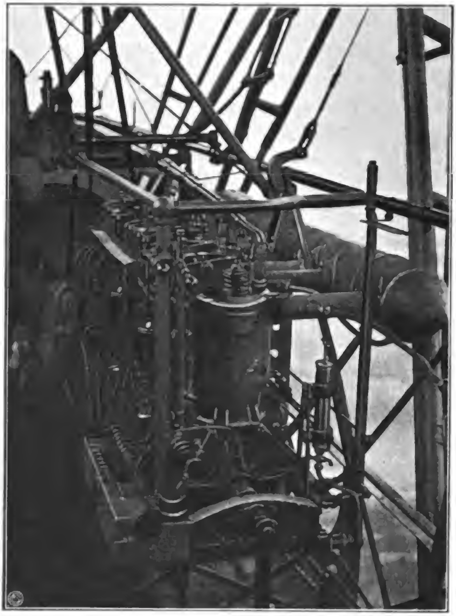


Fig. 27.
N. A. G.-Motor vom Luftschiff „Parseval III".

besitzt. Die sechs Kurbellager sind von der Mitte aus symmetrisch angeordnet und um je 120° gegeneinander versetzt. Die Kurbelwelle aus Chromnickelstahl ist in ihren Zapfen durch große axiale Bohrungen nach Möglichkeit erleichtert.

An einem Flansch der Welle zentriert ist das 600 mm

große, aus Stahl geschmiedete Schwungrad mit Schrauben befestigt. Es ist derart dimensioniert, daß der Motor bei normaler Umlaufzahl einen Ungleichförmigkeitsgrad von $^1/_{90}$ besitzt. An das Schwungrad angebaut ist die Lamellenkupplung, welche im allgemeinen einer normalen Ausführung entspricht. Am anderen Ende ist auf die Kurbelwelle eine Schnecke aufgesetzt, welche mittels eines Schneckenrades den Ölapparat antreibt (Fig. 27 links). Dieser besteht aus sieben kleinen, in einen Ölbehälter eingebauten Kolbenpumpen.

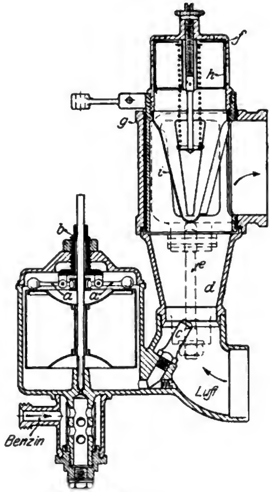


Fig. 28.

Vergaser des N. A. G.-Motors. *a* Kontregewichte, *b* Schwimmerventil, *c* Benzindüse, *d* Mischkammer, *g* Drosselschieber, *h-f* Regulierung der Zusatzluft.

Der Motor ist mit drei kompletten Vergasern (Fig. 28) ausgerüstet, und zwar derart, daß die Zylinder paarweise ihren Betriebsstoff durch einen Vergaser erhalten. Obwohl diese Anordnung auf den ersten Blick bezüglich Gewichtsersparnis ungünstig erscheinen mag, so zeigt sie doch bedeutende Vorteile, welche in der Gondel eines Luftschiffes nicht zu unterschätzen sind. Die Rohrleitungen werden sehr kurz und behindern nicht die leichte Übersicht über den Motor. Ist an einem Zylinder eine Reparatur vorzunehmen, so arbeiten zwei Zylinderpaare weiter, während das dritte wieder instand gesetzt werden kann.

Es ist wohl selbstredend, daß im Interesse der Gewichtsersparnis und Lebensdauer nur die hochwertigsten Materialien verwendet wurden. Die meisten arbeitenden Flächen aus Stahl sind im Einsatz gehärtet und derart dimensioniert,



Fig. 29.
Pleuelstange der N.A.G.-Luftschiff-motoren.

daß die spezifischen Lagerdrucke diejenigen der Automobilmotoren nicht annähernd erreichen. Eine ausgiebige Schmierung aller beweglichen Teile ist vorgesehen. Verschiedene Konstruktionsteile sind zum Patent angemeldet.

Die Ingangsetzung der Maschine erfolgt in zweierlei Weise:

1. wie üblich durch Handkurbel — zwecks Verringerung des Kompressionswiderstandes ist eine Dekompressionsvorrichtung vorgesehen;
2. mittels Druckluft. Diese Druckluft erzeugt sich der Motor mittels besonderer Überdruckventile, die auf der Auslaßseite angebracht sind, selbst. Die Luft wird in einem Stahlbehälter komprimiert und reicht zum mehrmaligen Anlassen des Motors aus, bevor eine Nachfüllung erforderlich wird (Fig. 30).

Hand in Hand mit dieser praktischen Anordnungsweise geht ein sehr sparsamer Brennstoff- und Ölverbrauch, der beim Luftschiffmotor noch mehr mitspricht, als beim Automobil. Der Brennstoffverbrauch beträgt 250 g pro PS.-Stunde.

Die Betriebssicherheit wurde auf dem Probierstand der Fabrik in monatelangen Dauerversuchen von manchmal mehr als 24 Stunden hintereinander erprobt, so daß die zehnstündige Dauerprüfung, welche das Preisausschreiben der Motorluftschiff-Studiengesellschaft verlangte, ohne jede Schwierigkeit bewältigt werden konnte.

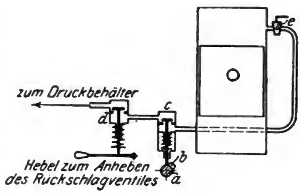


Fig. 30.
Schema des Druckluftanlassers der N. A. G.-Luftschiffmotoren.
d Anlaßventil; *c* von der Steuerwelle; *a* mittels Nocken; *b* gesteuertes Ventil; *e* Absperrhahn am Zylinder.

Die komplette Maschine wiegt einschließlich Magnet, Pumpe, Schwungrad, Vergasern, den Rohrleitungen, der Druckluftanlaß-Vorrichtung, der Dekompressions-Vorrichtung und des mechanischen Ölers ca. 350 kg, so daß sich für die Pferdekraft ein Gewicht von etwas über 3 kg ergibt.

Besonders hervorzuheben ist noch, daß bei der Konstruktion auch die Übersichtlichkeit und leichte Zugänglichkeit aller Teile, die besonders die französischen Motoren fast stets vermissen lassen, berücksichtigt wurde. So kann z. B. ein Zünder bei laufendem Motor innerhalb 40 Sekunden ausgewechselt werden. Der Magnet wird durch eine Schnalle festgehalten. Das Kurbelgehäuse ist durch große Handlochöffnungen, die durch Blechdeckel verschlossen sind, sofort zugänglich (s. Abbildung 22 und 25).

Auch die Möglichkeit zur Anbringung einer doppelten Zündung ist vorhanden.

An den Parseval-Luftschiffen hat sich dieser Motor sehr gut bewährt, Fig. 27 zeigt diesen Motor im Luftschiff Parseval III, das mit 2 Motoren ausgerüstet ist.

Adlermotoren für Luftschiffe.

Die Luftschiffmotoren der Adlerwerke lehnen sich in ihrer Konstruktion an die bewährte Bauart der Automobilmotoren dieser Firma an. Wie diese haben sie senkrecht angeordnete Zylinder, während bei sehr vielen Motoren für Luftschiffahrt die Zylinder V-förmig oder sternförmig angeordnet werden um mit einer kurzen Kurbelwelle und dementsprechend kurzem Gehäuse auszukommen und so Gewicht zu sparen. Trotzdem ist man inkl. Kühlapparat auf ein Gewicht von ca. 2,5 kg per PS gekommen, allein durch Anwendung hochwertiger Materialien, Ersparnis von allen unnötigen Teilen und durch eine besondere Konstruktion der Zylinder. Die Fig. 31 läßt die Bauart gut erkennen. Die Zylinder sind aus einem Spezialstahl aus dem Vollen hergestellt und innen und außen gedreht, resp. an allen Flächen bearbeitet. Dadurch wird einmal an allen Stellen

gleiche Wandstärke erreicht, und man kann mit der Wandstärke auf das eben noch zulässige Maß herabgehen, wodurch eine wesentliche Gewichtsersparnis erreicht wird. Die Ein- und Auslaßventile sind senkrecht im Zylinderkopf angeordnet. Hierdurch wird eine einfache Form der Zylinder und geringe Oberfläche des Explosionsraumes erreicht. Die Zylinderbohrung erweitert sich im Explosionsraum, um große

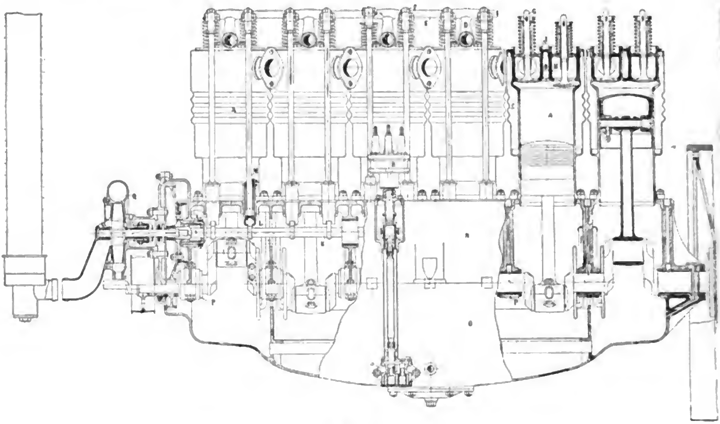


Fig. 31.

„Adler" Luftschiffmotor mit 6 Zylindern.

A Zylinder, *B* Ventilkörbe, *G* Einlaßventil, *H* Auspuffventil, *J* Befestigungsmuttern für die Ventilkörbe, *F* Ventilhebel, *E* Achse für Ventilhebel, *D* Wasserauslaß, *K* Steuerwelle, *L* Ventilstößel, *M* Stoßstangen, *P* Wellenlager, *N* Oberteil, *O* Unterteil des Kurbelgehäuses, *S* Ölpumpe, *Q* Wasserpumpe.

Ventildurchmesser zu ermöglichen. Ferner wird dadurch erreicht, daß bei Bruch einer Ventilspindel das Ventil nicht in den Zylinder fallen kann, vielmehr wird es dann durch den Rand des Zylinders aufgehalten, wie dies die Schnittzeichnung erkennen läßt. Die Ventile sitzen in Ventilkörben, die durch eine Verschraubung auf einen konischen Sitz im Zylinderkopf gedrückt werden. Diese Ventilkörbe korrespondieren seitlich mit Bohrungen im Zylinderkopf für den

Ein- und Auslaß. Diese Bohrungen sind mit Rohransätzen und Flanschen versehen, die mit dem Kühlmantel verlötet sind. Dieser Mantel besteht aus einem Kupferrohr, das in der Mitte mit Wellen versehen ist zum Ausgleich der Temperaturverschiedenheit. Nicht nur die Zylinder selbst, sondern auch die Ventile sind allseitig von Wasser umspült. Der kupferne Kühlmantel ist oben und unten mit einem Flansch verlötet, welche Flanschen mit dem Zylinder aus einem Stück gedreht sind. Zum Wassereinlaß ist unten am Wassermantel ein Flansch hart angelötet, der Wasserauslaß ist oben am Zylinderdeckel als Kniestück angeschraubt, welches Kniestück gleichzeitig das Lager für eine Achse bildet, auf welcher die Hebel zur Betätigung der Ventile schwingen. Die Herstellungsart der Zylinder aus dem vollen Stahl ist natürlich sehr teuer, man erreicht aber dadurch eine sehr wesentliche Gewichtsersparnis.

Das Kurbelgehäuse besteht aus einem Ober- und Unterteil. Die Lagerdeckel der Kurbelwelle sind sämtlich am Oberteil befestigt, so daß der Unterteil abgenommen werden kann ohne die Lager zu beeinflussen. Demnach dient der Unterteil des Gehäuses nur als Schutz und Ölfang. Die Kurbelwelle ist im Gehäuse an sieben Stellen gelagert, außer den Endlagern befinden sich also zwischen je zwei Zylindern Lager. Die Lagerschalen sind mit Weißmetall ausgegossen, ebenso die Lager der Pleuelstangen. Diese selbst sind, um Gewicht zu sparen, der Länge nach durchbohrt. In gleicher Weise sind die Zapfen für die Pleuel in den Kolben durchbohrt, diese Bohrung dient außer der Gewichtsersparnis noch zur Schmierung. Der Kolben ist der einzige aus Gußeisen gefertigte Teil des Motors, er hat vier Ringe, da der Motor mit sehr hoher Kompression arbeitet.

Die Steuerung der Ein- und Auslaßventile erfolgt durch eine Nockenwelle, diese ist mit den 12 Nocken, die für sechs Zylinder nötig sind, aus einem Stück hergestellt. Damit die Nockenwelle in ihre ungeteilten Büchsenlager eingeführt werden kann, müssen die Lagerstellen einen etwas größeren

Durchmesser erhalten als die Nocken selbst. Um die Einstellung der Steuerwelle zu erleichtern, ist das Antriebszahnrad für dieselbe mittels Konus und Mutter auf der Welle befestigt und direkt in dem einen Endlager für die

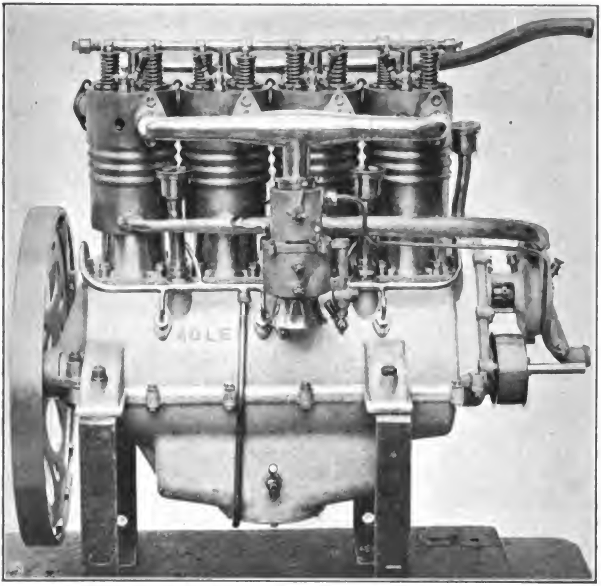


Fig. 32.
Adlermotor für Luftschiffe und Flugapparate. Vergaserseite.
Ausführung mit 4 Zylindern.

Steuerung gelagert. Die Nocken betätigen Stößel, die in der üblichen Weise mit Rollen versehen sind, deren Stifte gleichzeitig mittels ihrer abgeflachten Enden zur Führung der Stößel dienen, um deren Drehung zu verhindern. Die Stößel sind zum größten Teil ausgebohrt und innen mit Kugelpfannen versehen, in welche die Stoßstangen mit

ihren halbkugelförmigen Enden greifen. Oben sind die Stoßstangen durch einstellbare Gelenke mit den die Ventile betätigenden Hebeln verbunden.

Die sechs Zylinder werden nur durch drei Vergaser gespeist. Die Einlaßöffnungen aller sechs Zylinder sind durch ein Saugrohr verbunden, an das die drei Vergaser angehängt sind. Auf diese Weise haben alle Zylinder den gleichen Saugwiderstand. Die Anordnung von drei Vergasern, je einen für je zwei miteinander verbundene Zylinder, hat die Vorteile, daß einmal die Rohrverbindung kürzer ausfällt und demnach der Saugwiderstand geringer und der volumetrische Wirkungsgrad besser wird, und zweitens hat man nicht nötig, bei Versagen eines Vergasers den Motor abzustellen, weil dann mit etwas schlechterem volumetrischem Wirkungsgrad ein Vergaser alle sechs Zylinder versorgen kann. Allerdings können sich die Vergaser bei Luftschiffen nicht so leicht verstopfen, weil der Staub fehlt, dagegen ist die Gefahr der Vereisung vorhanden, weil in den höheren Luftschichten die Temperatur schnell abnimmt. Daher ist beim Adlermotor die vom warmen Wasser umspülte Heizkammer für den Mischraum des Vergasers reichlich groß bemessen und steht durch besondere Rohrleitung mit der Pumpe in Verbindung. Um von der Schräglage des Luftschiffes und damit des Motors unabhängig zu sein, ist die Düse zentral im ringförmigen Schwimmer angeordnet, das Niveau ist also in jeder Lage dasselbe wie bei wagerechter Lage des Luftschiffes. Auch die Haupt- und Zusatzluft wird zentral eingeführt, wodurch der Saugwiderstand vermindert wird, der volumetrische Wirkungsgrad und damit die Motorleistung also verbessert.

Der Schmierung ist bei dem Adlerluftschiffmotor besondere Sorgfalt gewidmet, indem dieselbe als Zirkulations-Ölung durchgeführt ist. Das Gehäuse bildet ein Ölbassin, aus dem eine Zahnradpumpe das Öl in ein Verteilungsrohr drückt. Von diesem führen Abzweigungen nach allen Lagern der Kurbelwelle und der Steuerwelle wie dem Mag-

netapparat. Weiter führen Rohre nach Ringen, die an jedem zweiten Lager der Kurbelwelle angeschraubt sind und über welche Hohlringe greifen, die mit der Kurbelwelle rotieren. Von diesen Ringen gelangt das Öl in den durch-

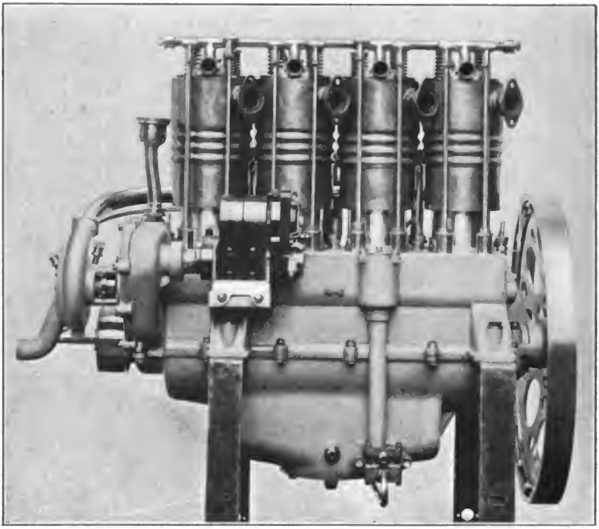


Fig. 33.

Adlermotor. Auspuffseite.

bohrten Kurbelzapfen, schmiert diesen und wird abgeschleudert, wodurch es an die Zylinderbohrung gelangt, ebenso auch an das Pleuellager im Kolben. Um das Öl besser an den Zapfen im Kolben gelangen zu lassen, ist das Pleuellager oben mit zwei breiten Einschnitten versehen. Originell ist die Kontrolle für die Ölung. Die Zahnradpumpe, welche das Öl fördert, ist als Doppelpumpe ausgebildet,

indem noch ein zweites kleineres Zahnradpaar vorhanden ist, das das Öl aus einer besonderen, höher im Kurbelgehäuse angebrachten Zulauföffnung erhält. Diese Pumpe fördert das Öl in ein Schauglas und direkt nach dem Gehäuse zurück. Infolgedessen wird beim Sinken des Ölspiegels diese Pumpe eher mit der Förderung aufhören als die eigentliche Ölpumpe, und an dem Aufhören des Ölstrahles im Schauglas kann der Führer erkennen, daß es Zeit ist, Öl nachzufüllen. Jedoch ist dann noch so viel Öl im Gehäuse, daß der Motor noch mehrere Stunden arbeiten kann.

Der Adlerluftschiffmotor wird in drei Größen gebaut. Die größte Type mit sechs Zylindern leistet 100 PS und hat ein Gewicht von ca. 240 kg inklusive Kühler, Vergaser, Magnetapparat. Die Zylinderbohrung beträgt 115 mm, der Hub 135 mm. Diese Motortype ist besondres für Luftschiffe geeignet.

Die zweite kleinere Type leistet ca. 75 PS, hat ebenfalls sechs Zylinder mit einer Bohrung von 100 mm und einem Hub von 125 mm.

Mit den gleichen Zylindern, jedoch nur vier, wird noch eine Type von 50 PS geliefert, die besonders für dynamische Flugapparate bestimmt ist.

Luftschiffmotoren der Süddeutschen Automobilfabrik in Gaggenau.

Der Gaggenauer Luftschiffmotor (Fig. 34 bis 39) ist ein Vier-, Sechs- oder Achtzylindermotor, bei dem sämtliche Zylinder in einer Reihe hintereinander stehen. Er unterscheidet sich in seinem Gesamtaufbau durch die Konstruktion der Zylinder von den Automobilmotoren der Fabrik. Der Zylinderdurchmesser beträgt 155 mm, der Hub 160 mm. Bei 1400 Umdrehungen ergibt der Vierzylinder eine Bremsleistung von über 100 PS. Sein Gewicht beträgt einschließlich Schwungrad etwa 300 kg, so daß auf die Pferdestärke rund 3 kg kommen, was für Luftschiffmotoren nicht

viel ist. Die Ventile befinden sich beide im Zylinderkopf und werden von oben durch eine Längswelle gesteuert (Fig. 39). Der Ventilsitz besteht aus einer Stahlbuchse, die durch eine Ringmutter im Zylinderkopf gehalten wird. Die Anordnung der Ventile ist also ähnlich wie bei den N. A. G.-Motoren für Luftschiffe. Die Steuerung erfolgt jedoch direkt von der Nockenwelle, indem dieselbe auf den Zylinder gelagert ist.

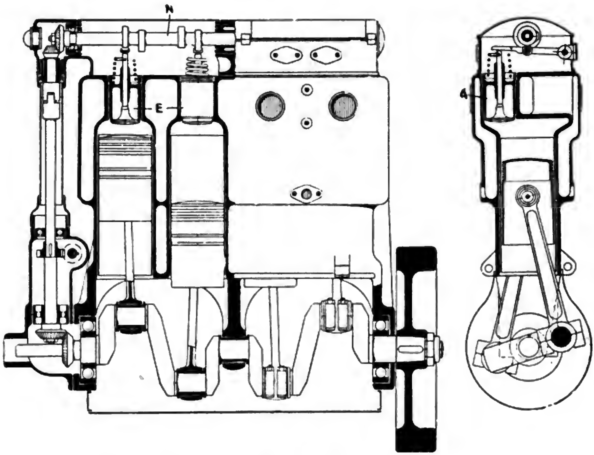


Fig. 34 und 35.
Vierzylinder-Heißluftmotor der Süddeutschen Automobilfabrik.
A Auspuffventil, *E* Einlaßventil, *N* Steuerwelle.

Die Schwierigkeit der Schmierung der Nockenwelle ist dadurch umgangen, daß sie in Kugeln gelagert ist. Die Laufringe sind in besondere Buchsen gesetzt, wodurch infolge des größeren Umfanges dieser Ringe der Flächendruck kleiner und das Ausschlagen der Lager in dem weichen Aluminium vermieden wird. Der Antrieb der Nockenwelle erfolgt durch zwei Kegelräderpaare. Die senkrechte Zwischenwelle treibt mittels eines Schraubenräderpaares eine Quer-

welle, an der rechts und links zwei Magnetapparate sitzen (Fig. 36). Neuartig ist die Ausführung der Zylinder. Zur Verringerung des Gewichts sind diese nämlich aus Aluminium gegossen. Als Lauffläche für die Kolben dienen gußeiserne Buchsen, die durch eingeschraubte Ringe festgehalten werden.

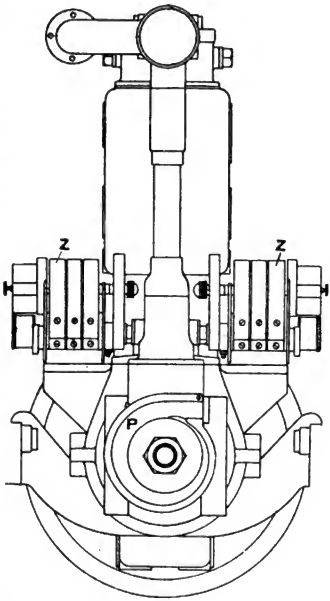


Fig. 36.
Vorderansicht.
P Wasserpumpe, *Z* Zündapparat.

Die Arbeitsweise des Motors ist die eines gewöhnlichen Vierzylinder-Automobilmotors, er hat jedoch eine etwas höhere Kompression. Der Motor hat gleichmäßige Zündabstände von je 180⁰ und bedarf eines Schwungrades. Der Massenausgleich ergibt ebenso wie bei jedem Vierzylinder - Automobilmotor freie Kräfte, weshalb dieser Motor nicht erschütterungsfrei laufen kann. Die Kurbelwelle ist beim Motor mit vier Zylindern dreimal gelagert. Das Mittellager ist ein Gleitlager, während die Enden der Welle in Kugellagern laufen. Die Bohrungen in der Kurbelwelle dienen der Leitung des Schmieröles, das durch eine Ölpumpe in die Welle gedrückt wird.

Beim Achtzylindermotor dient zum Anlassen eine automatische Anlaßvorrichtung. Die Reihenfolge der Zündungen ist 1, 5, 2, 6, 4, 8, 3, 7, da zwei normale Vierzylinderkurbel-

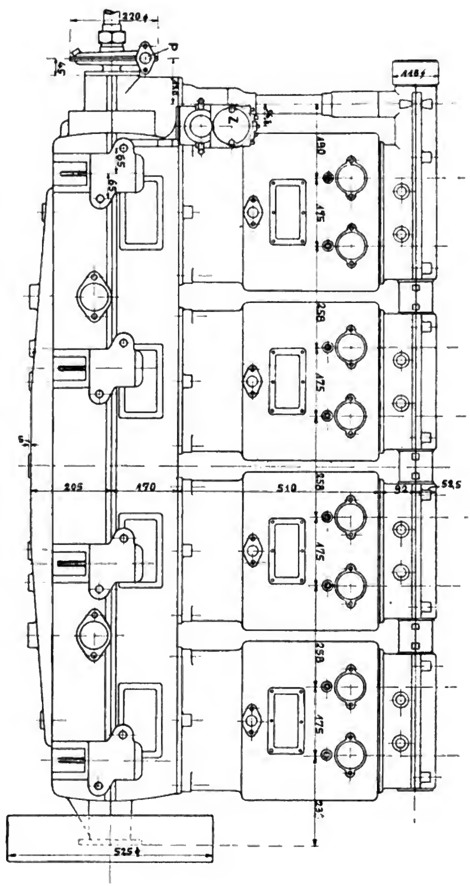


Fig. 37.
Achtzylinder-Luftschiffmotor der Süddeutschen Automobilfabrik, mit 2 Zündapparaten Z.

wellen hintereinander liegen, von denen die zweite gegen die erste um 90° versetzt ist.

Fig. 37 bis 38 zeigen den Achtzylindermotor der Firma. Die Zylinderbohrung beträgt 165 mm und der Hub 175 mm, seine Leistung etwa 250 PS. Er ist in der Konstruktion eine Verdopplung des eben beschriebenen Vierzylinders. So besitzt er zwei Vergaser.

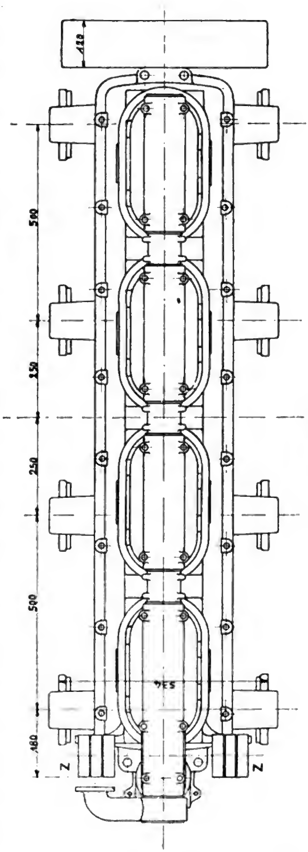


Fig. 38.
Achtzylinder Luftschiffmotor der Süddeutschen Automobilfabrik, mit 2 Zündapparaten Z.

Der Motor der Süddeutschen Automobilfabrik Gaggenau zeigt, wie weit man es in der Gewichtserleichterung eines normalen Explosionsmotors bringen kann. Es dürfte kaum möglich sein, bei vertikal in einer Reihe stehenden Zylindern diese Grenze wesentlich zu überschreiten. Der Grund hierfür liegt namentlich darin, daß das Kurbelgehäuse ein ziemlich großes Gewicht darstellt und daß einzelne Teile, wie die schwere Kurbelwelle, die nur während eines kleinen Teiles von je zwei Umdrehungen beansprucht wird, ihrem Gewichte entsprechend

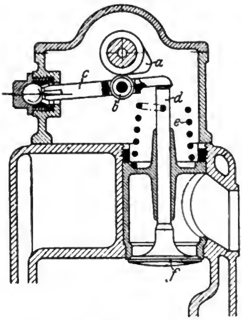


Fig. 39.
Steuerung und Ventil am Luftschiffmotor der Süddeutschen Automobilfabrik.
a Steuernocken, *c* Ventilhebel mit *b* Rolle, *d* Ventilschaft, *e* Feder *f* Ventil.

nicht so wie bei V-Motoren oder Sternmotoren ausgenützt wird. Während man daher mit einer Änderung des Materials oder Verminderung der Materialstärken bei den normalen Motoren kaum mehr als schon geschehen erreichen kann, ist eine weitere Herabsetzung des Gewichts nur noch durch die Anordnung der Zylinder in V-Form oder Sternform möglich. In bezug hierauf dürfte die Anordnung von Esnault-Pelterie die beste sein.

Luftschiffmotor der Fahrzeugfabrik Eisenach.

Dieser Motor hat vier stehende Zylinder und unterscheidet sich nur wenig von den bekannten Automobilmotoren dieser Firma. Wie bei diesen Motoren sind die Zylinder mit den Wassermänteln paarweise zusammengegossen und die Ventile auf einer Seite angeordnet. Die Zündung erfolgt mittels Gleitspannungs - Magnetinduktor. Die Schmierung erfolgt von dem Kurbelgehäuse aus, und zwar sind Scheidewände zwischen den benachbarten Kurbelkröpfungen im Gehäuse angebracht, um bei schräger Lage des Luftschiffes ein Ansammeln des Öles auf einer Seite zu vermeiden. Daher ist für jede Kurbel ein Ölzufluß mit Schmierglas vorgesehen. Bemerkenswert ist die Anordnung der Wasserpumpe auf gemeinsamer Welle mit dem Ventilator für den Kühlapparat.

Die Andrehkurbel ist auf einer besonderen Welle angebracht, die rechtwinklig zur Motorwelle liegt und diese mittels konischer Zahnräder antreibt.

Schneeweiß-Motor.

Ähnlich dem N. A. G.-Motor sind die stehenden Motoren System Schneeweiß konstruiert, welche die Firma Bernhard Escher, A. G., Chemnitz, baut.

Schneeweiß baut seine Motoren in verschiedenen Ausführungen, jedoch nur nach einem Konstruktionsprinzip mit 2, 3, 4, 6 und 8 Zylindern; zwei- und vierzylindrige als Gegenlaufmaschinen, vier- und sechszylindrige mit stehenden Zylindern, achtzylindrig in V-Form. Die Leistungen der Maschinen bewegen sich von 10 PS aufwärts bis 150 PS Dauerleistung.

Durch die Verwendung von nur erstklassigem Material, durch eine bis in das kleinste durchgeführte Vereinfachung und durch die äußerste Ausnutzung aller heute möglichen und verfügbaren Herstellungsmöglichkeiten ist die Steigerung der Leistung und das geringe Gewicht erzielt worden. Die Zylinder sind nur aus einem Feinkorn-Spezialgußstück hergestellt; jede Schweißung, Dichtung, Lötung und ähnliche Verbindungen sind vermieden. Die Ventile sind zwangsläufig gesteuert auf den Zylinderköpfen in einer Reihe angeordnet und können jederzeit leicht (selbst während des Betriebs) entfernt bzw. ausgewechselt werden. Der mit dem Zylinder aus einem Stück zusammengegossene Wasseraustrittsbogen ist gleichzeitig als Balancehebelhalter ausgebildet, wodurch wiederum einige Dichtungen, Schrauben und Muttern überflüssig werden. Die Kurbelwelle ist sorgfältig ausgebohrt. Sie ist in fünf Hauptlagern gelagert, und jedes dieser Lager hat einen von dem andern unabhängigen Lagerdeckel. Beachtenswert ist die eigenartige Ausbildung der leicht demontablen Steuerwelle. Diese ist nicht, wie sonst üblich, im Gehäuse eingebaut, sondern sie kann durch einfaches Abnehmen des Steuerkastendeckels, der als Steuerlagerbock ausgebildet ist, herausgenommen und gegebenenfalls innerhalb weniger Minuten ausgewechselt werden.

Die Steuerhebelstangen sind aus gezogenen, leichten

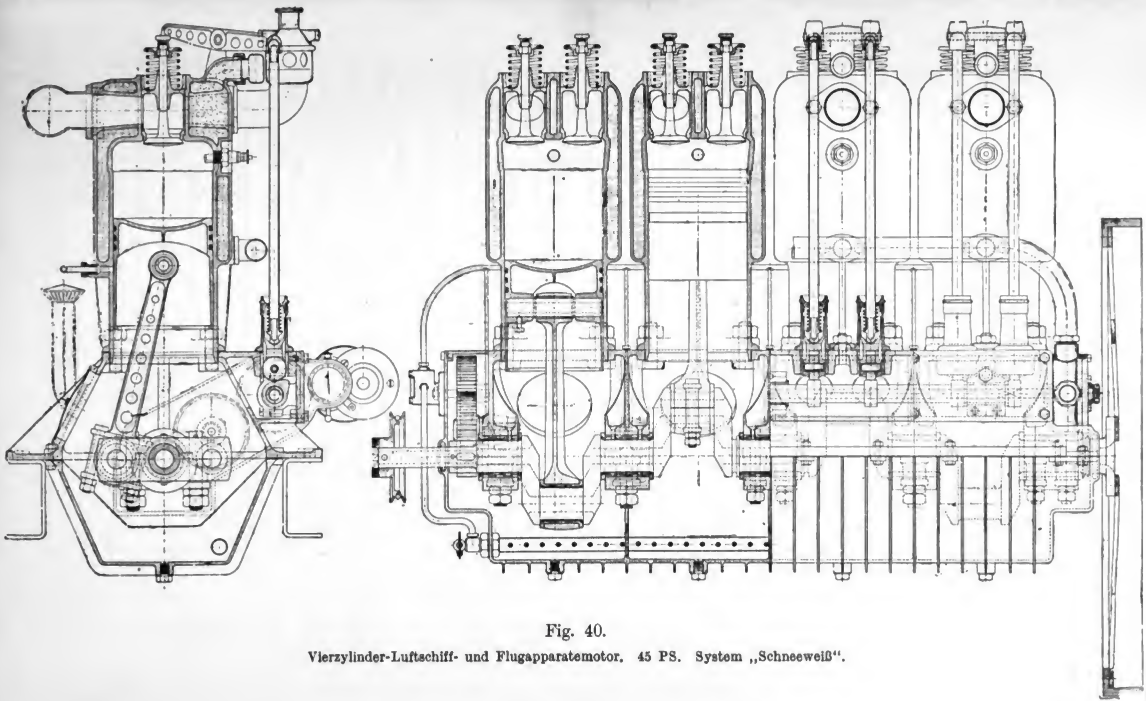


Fig. 40.

Vierzylinder-Luftschiff- und Flugapparatemotor. 45 PS. System „Schneeweiß".

Mannesmannröhren hergestellt und können auch, ohne irgend einen andern Teil zu demontieren, entfernt und ausgewechselt werden.

Eine Vergaserleitung, wie sie sonst fast überall vorhanden, ist bei den Schneeweißmotoren nicht vorhanden, sondern es erhält jeder Zylinder eine im Ansaugestutzen direkt eingebaute Wirbelstromvergaserdüse.

Sämtliche der Schmierung bedürftige Stellen werden durch eine mit der Nockenwelle direkt gekuppelte Ölpumpe geschmiert. Außerdem aber wirkt die allgemein übliche Ölstaubschmierung, erstere ersetzend, als zweite Schmierung sehr zuverlässig nach.

Das Kurbelgehäuseunterteil dient nur als Ölschale bzw. Schutzkasten. Es ist sehr leicht gehalten, aber doch widerstandsfähig, da es mit einer großen Anzahl Kühl- und Versteifungsrippen versehen ist. Soviel Zylinder, soviel Gehäusedeckel sind vorhanden. Dadurch bietet sich die Möglichkeit, die Hauptlager wie auch die Pleuelstangenlager bequem während des Betriebs zu kontrollieren und wenn erforderlich nachzustellen.

Die normalen Motoren haben vier Zylinder mit 125 mm Bohrung und 120 mm Hub und leisten bei 1250 Touren 45 PS (Fig. 40).

Luftschiffmotoren von Clément-Bayard.

Die bekannte Automobilfabrik A. Clément-Bayard in Paris baut ebenfalls Luftschiffmotoren, die in mehrere Luftschiffe, System Renard-Kapferer, die bei der gleichen Firma hergestellt werden, eingebaut worden sind. Die Motoren werden mit 4, 6 und 8 stehenden Zylindern gebaut. Die übliche Type hat sechs Zylinder und leistet 180 PS bei 1400 Touren pro Minute. Die Bohrung beträgt 155 mm, der Hub 185 mm. Ähnlich wie bei den Motoren der Süddeutschen Automobilfabrik ist die Steuerwelle über den Zylindern gelagert. Durch Kipphebel werden die in die Zylinderköpfe schräg eingesetzten Ventile betätigt. Der

Explosionsraum hat die günstige Halbkugelform. Es ist nur ein Vergaser mit automatischer Luftregulierung vorhanden. Da dieselbe in der Mitte des die Zylinder verbindenden Saugrohres angebracht ist, haben die äußeren Zylinder einen großen Saugwiderstand. Die Zündung ist doppelt vorgesehen, mittels Akkumulator und Magnet. Der Magnetapparat wird durch eine durch Schraubenräder an-

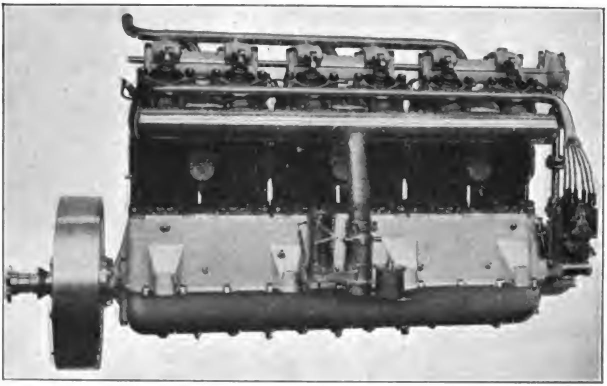


Fig. 41.
Luftschiffmotor von Clément-Bayard.

getriebene besondere Querwelle betätigt. Die Motoren sind mit einem leichten Schwungrad versehen, in welches eine Kupplung eingebaut ist (Fig. 41).

Luftschiff- und Flugmotor von Renault.

Von französischen Luftschiffmotoren sei noch der Renault-Motor erwähnt, der in mehrere Luftschiffe des Typs Renard-Kapferer eingebaut ist, so in die „Ville de Bordeaux". Der Vierzylinder-Typ für Luftschiffe (Fig. 42) mit großem an den Motor angebauten Kühler zeigt fast dieselbe

Bauart wie die bekannten Automobilmotoren dieser Firma. Die ganze Anlage ist auf zwei Längsträgern montiert, die mittels quer angesetzter Blattfedern im Luftschiff federnd aufgehängt wird. Die Anordnung der Ventile ist dieselbe, wie bei den bekannten Renault-Vierzylindermotoren für Automobile, ebenso erfolgt der Wasserumlauf nach dem Prinzip des Thermo-Syphons, also ohne Pumpe.

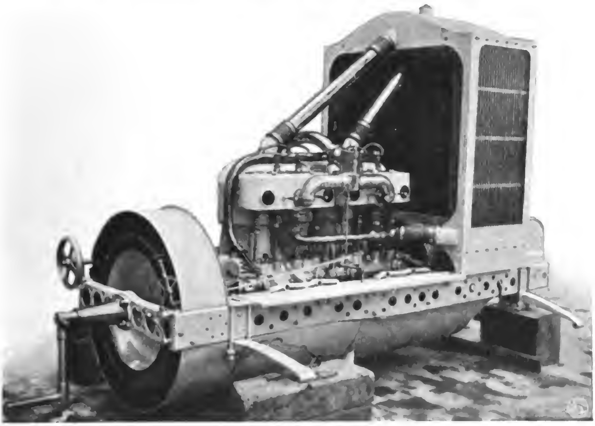


Fig. 42.
Luftschiffmotor von Renault Frères, im Luftschiff Ville de Bordeaux.

Eine zweite Ausführung ist der in Fig. 43 dargestellte leichtere Motor, der ebenfalls hintereinander angeordnete Zylinder besitzt, die aber mit kupfernen Wassermänteln versehen sind. Bei einer anderen Ausführung sind die Ventile der Maschine V-förmig gegeneinander in den Zylinderkopf eingesetzt. Zwischen ihnen läuft die Nockenwelle entlang, von der aus die Ventile durch Kipphebel getätigt werden. Von dem Auslaßventil lassen kurze Rohrstutzen den Auspuff direkt ins Freie gehen. Auf der entgegengesetzten Seite ist die Saugleitung angebracht, der

Vergaser ist am Gehäuse montiert. An der Vergaserseite der Maschine sitzt auch der Magnetapparat für die Hochspannungszündung. Dieser Motor ist für Flugapparate geeignet.

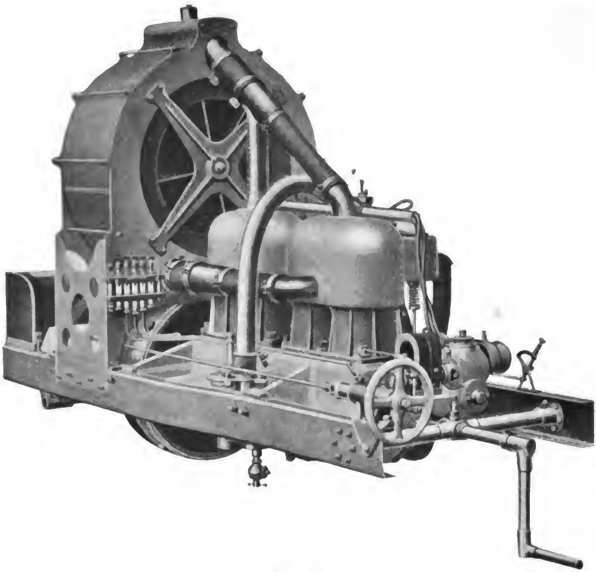


Fig. 43.
Leichter Luftschiffmotor von Renault Frères.

2. Luftschiffmotoren mit V-förmig angeordneten Zylindern.

Luftschiffmotor von Körting.

In den beiden deutschen Militär-Luftschiffen, die so erfolgreiche Dauer-Fahrten unternommen haben, befinden sich Achtzylindermotoren von der Firma Gebr. Körting A.-G. in Hannover.

Die Fig. 44 bis 46 veranschaulichen die Konstruktion dieses Motors, welcher bei seiner normalen Umdrehungszahl von 1250 Touren pro Minute 75 PS leistet. Die Maximalleistung der Maschine beträgt ca. 85 PS bei 1300 Umdrehungen pro Minute. Die Bohrung ist 116 mm, der Hub 126 mm. Die Zylinder sind aus besonders zähem Spezialgußeisen hergestellt und werden im rohen und fertigen

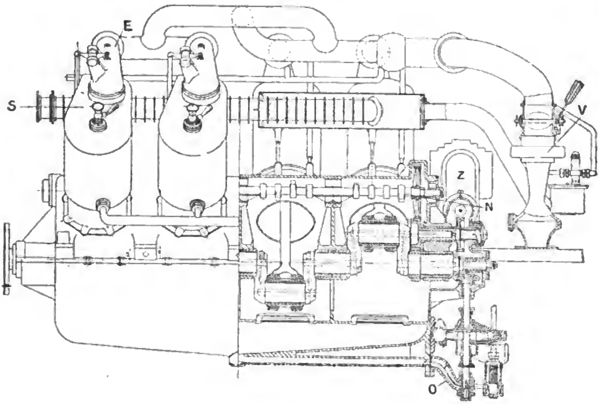


Fig. 44.

Luftschiffmotor von Körting.

E Einlaßventil, *N* Steuerwelle, *V* Vergaser, *O* Ölpumpe, *Z* Zündapparat, *S* Auspuffrohr.

Zustand mit einem Wasserdruck von 75 Atmosphären geprüft. Um regelmäßige Wandstärken zu erhalten, sind sie überall bearbeitet. Der Wassermantel zur Kühlung des Zylinders besteht aus Kupfer, um an Gewicht zu sparen. Die Zylinder sind so ausgebildet, daß die Ansaugventile oben in einem besonderen Kopf und unmittelbar über den Auspuffventilen liegen. Hierdurch wird die Steuerung aller Ventile von einer einzigen Nockenwelle aus ermöglicht, und zwar werden die Auspuffventile von unten, die Saugventile dagegen durch Vermittlung von Kipphebeln von oben ge-

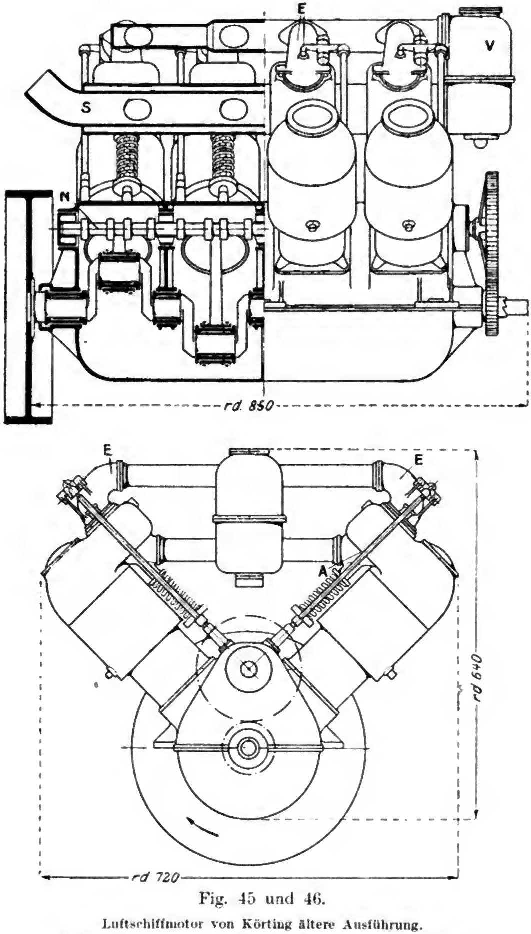


Fig. 45 und 46.

Luftschiffmotor von Körting ältere Ausführung.
A Auspuffventil, *E* Einlaßventil, *N* Steuerwelle, *V* Vergaser.

steuert. Durch diese Anordnung der Ventile entsteht eine sehr übersichtliche Saugleitung, die vom Vergaser kommend, sich gabelförmig spaltet und dann in je ein Saugrohr für die vier Zylinder jeder Seite einmündet. Die Auspuffleitungen sind getrennt für jede Zylinderreihe geführt und zur besseren Kühlung mit Rippen versehen.

Das Kurbelgehäuse aus Aluminium ist in der durch die Kurbelwelle bestimmten wagerechten Ebene geteilt; der als Ölmulde ausgebildete Unterteil ist gegen die Mitte zu sackförmig vertieft, so daß die Ölpumpe auch beim Schiefstellen des Motors Öl findet. Ein Schwungrad ist zwar nicht notwendig, doch ist ein leichtes 20 kg schweres Schwungrad angebracht. Der Motor wird mit der Hand angedreht. Alle Ventile werden durch eine einzige Steuerwelle betätigt, welche senkrecht über der Kurbelwelle angeordnet ist. Ihre Antriebszahnräder sind nicht eingekapselt. Die Kolben bestehen aus Spezialgußeisen, dessen Festigkeitszahlen denjenigen von Stahl sehr nahe kommen. Die geschmiedeten Pleuelstangen je zweier gegenüber liegender Zylinder wirken auf einen und denselben Kurbelzapfen, und zwar ist der Kopf der einen Stange so gegabelt, daß zwischen derselben der andere Schubstangenkopf Platz findet.

Die aus feinstem Nickelchromstahl hergestellte Welle, bei welcher sämtliche Kröpfungen in e i n e r Ebene liegen, ist, wie aus Figur 44 ersichtlich, zwecks Gewichtsverminderung ausgebohrt und in fünf Gleitlagern gelagert, welche mit Weißmetall ausgegossen sind.

Vorn auf der Kurbelwelle befindet sich ein Kegelräderpaar, das eine senkrecht nach unten führende Welle antreibt. Auf dieser Welle befindet sich zunächst die Wasserpumpe und darunter eine kleine Ölpumpe. Das Öl sammelt sich unten im Gehäuse des Motors an, läuft durch eine im Kurbelgehäuse befindliche Bohrung in die Ölpumpe hinein und wird von hier unter Passieren eines Siebes den Ölstellen zwangläufig zugeführt.

Vom Schneckengetriebe aus wird eine Querwelle an-

getrieben, die zwei Magnetapparate rechts und links je nach der Stellung einer auf dieser Welle befindlichen Klauenkuppelung antreibt. Mit dieser doppelten Magnetzündung hat man auf dem Militärluftschiff sehr gute Erfahrungen gemacht, da bei Störungen an dem einen Magnetapparat der andere eingeschaltet werden kann, ohne die Maschine anhalten zu müssen. (Siehe auch S. A. G.-Motor.)

Der Vergaser ist am Ende des Motors für alle Zylinder gemeinschaftlich angeordnet und mit einer Regulierdrosselklappe versehen, um die Tourenzahl des Motors zu regulieren, die Zusatzluft reguliert sich automatisch.

Bei der älteren Ausführung geht von dem Vergaser aus nur ein Saugrohr fort, durch welches das Brennstoff-Luftgemisch mittels Abzweigleitungen den Zylindern zugeführt wird. Bei dieser Anordnung waren die Wege, welche das Gemisch von Vergaser bis zu den einzelnen Zylindern zurückzulegen hatte, ungleich lang, weshalb man bei der neueren Anordnung durch Gabelung des Saugrohres am Vergaser in zwei Hauptstränge für je vier Zylinder diesem Übelstande abgeholfen hat. Die Auspuffleitungen sind für jede Zylinderreihe getrennt angeordnet und zur besseren Kühlung mit Rippen versehen.

Der Motor wiegt einschließlich der Magnetdynamo, sämtlicher Rohrleitungen, des Vergasers und der Ölpumpe rd. 200 kg, per PS demnach etwa 2,3 kg. Das Drehmoment ist recht gleichmäßig und der Massenausgleich sehr gut.

Der Benzinverbrauch wird mit 0,28 kg pro PS/St., der Schmiermittelverbrauch mit 20 g für die PS/St. angegeben. Mit den gleichen Zylindern baut Körting auch einen Motor mit 4 stehenden Zylindern, der bei einer Leistung von 36 PS. ein Gewicht von 120 kg hat.

Jatho in Hannover hat in seinen neuen Zweidecker diesen Motor eingebaut.

E. N. V.-Motor für Flugapparate und Luftschiffe des E. N. V. Motor-Syndikats, Paris.

Der „E. N. V.“-Motor, der gleichfalls achtzylindrig ist, lehnt sich wie der Körtingmotor an das Vorbild des Antoinettemotors an.

Die unter 90° zueinander stehenden Zylinder besitzen aufgesetzte Wassermäntel aus Kupfer, welches, da es ein sehr guter Wärmeleiter ist, zu einer wirksamen Kühlung

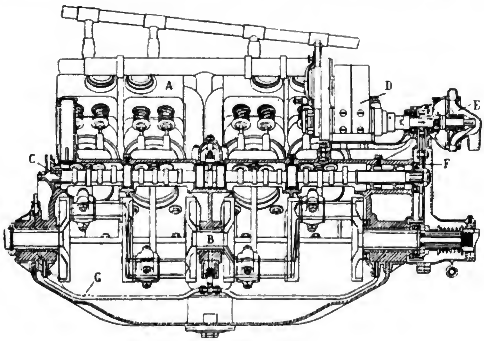


Fig. 47.
E. N. V.-Motor, Längsschnitt durch das Kurbelgehäuse.
A Zylinder, *B* Kurbelwelle, *C* Steuerwelle, *D* Zündapparat, *E* Wasserpumpe, *F* Antrieb für Steuerwelle, *G* Ölrohre.

selbst beiträgt. Die Kupfermäntel (Fig. 49) sind durch galvanischen Niederschlag hergestellt. Die Zylinder sind einzeln aus Stahl hergestellt und überall bearbeitet. Die Ansaugventile zweier benachbarter Zylinder sind durch ein gemeinsames Ansaugrohr verbunden, das zum Ausgleich der entstehenden Spannungen elastische Zwischenstücke enthält. Die Auspuffrohre sind an den Außenseiten der betreffenden Zylinderpaare angesetzt. In den Verschlußschrauben über den Ansaugventilen sitzen die Zündkerzen, über den Auspuffventilen die Kompressionshähne. Die Kurbelwelle des Motors ist viermal in derselben Weise gekröpft, wie die Wellen der

Vierzylindermotoren und wird in drei breiten Lagern gelagert. Zum Zwecke der besseren Schmierung, namentlich der Pleuelstangenköpfe, ist sie durchbohrt. Die von unten durch eine gemeinsame Nockenwelle gesteuerten

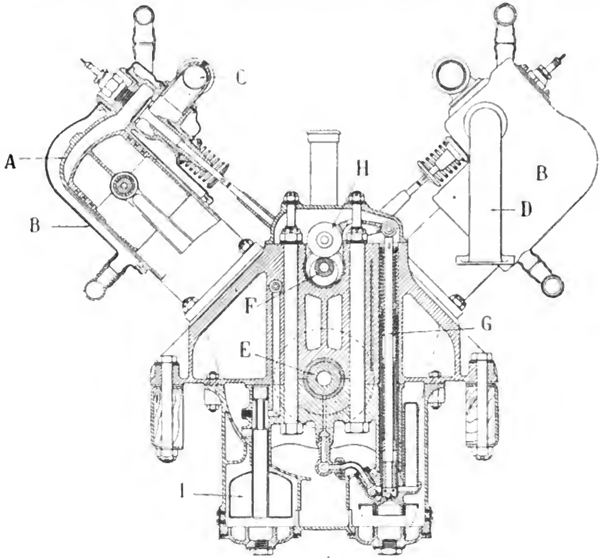


Fig. 48.

E. N. V.-Motor, Querschnitt.

A Zylinder, *B* Wassermantel, *C* Ansaugerohr, *D* Auspuffrohr, *E* Kurbelwelle, *F* Steuerwelle, *G* Ölpumpe, *H* Hebel für Ölpumpe.

Ventile sitzen nebeneinander in der Ventilkammer. Die Zündung ist doppelt sowohl durch Akkumulatoren als auch durch Magnet. Der Magnetapparat ist am Vorderteil des Motors angebracht, und zwar auf dem oberen Teil des Motorgehäuses.

Die Nockenwelle trägt siebzehn verschiedene Nocken, von denen sechzehn zur Ventilsteuerung und einer, der

mittlere, zur Betätigung der Ölpumpe dient. Die Ölpumpe ist in Fig. 48 ausführlich dargestellt. Durch den mittleren Nocken wird ein Schwinghebel betätigt, der einen langen Plungerkolben auf und ab bewegt. Das Öl wird unten aus dem Kurbelgehäuse in eine Rohrleitung gepreßt, die, wie Fig. 47 zeigt, nach beiden Seiten des Gehäuses abzweigt und in den äußeren Kurbellagern mündet. Das Öl gelangt von hier einmal in die durchbohrte Nockenwelle und dann durch zahlreiche Bohrungen in der Kurbelwelle zu den verschiedenen Pleuellagern. Die Pleuelstangen zweier gegenüberliegender Zylinder sind hierbei so versetzt, daß die Pleuelköpfe auf den verhältnismäßig langen Kurbeln nebeneinander Platz haben.

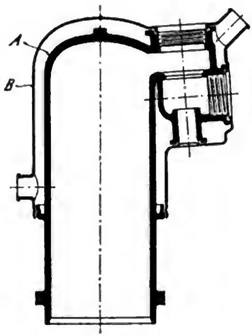


Fig. 49.
Zylinder des E. N. V.-Motors.
A Stahlzylinder, *B* Kupfermantel.

Um das bei diesem Kreislauf mit der Zeit sich verbrauchende Öl im Kurbelgehäuse zu erneuern, ist ein besonderer Schwimmer vorgesehen, der die Zuleitung zum Hauptölreservoir öffnet, sobald der Ölspiegel im Kurbelgehäuse auf ein bestimmtes tiefstes Niveau gesunken ist. Auch die Zahnräder und sonstigen sich drehenden Teile sind in den unter dem ständigen Ölstrom stehenden Kurbelkasten eingeschlossen. Durch diese vorzügliche Ölung arbeitet der E. N. V.-Motor sehr zuverlässig und hat sich an vielen Drachenfliegern bestens bewährt.

Auch in Automobilen ist dieser Motor eingebaut.

Der E. N. V.-Motor wird zurzeit nur in einer Größe hergestellt. Die Bohrung beträgt 160 mm, der Hub 130 mm. Bei 1000 Touren leistet der Motor 60 PS. Die Tourenzahl läßt sich bis auf 1250 steigern, wobei der Motor 75 PS leistet. Das Gewicht beträgt nur 150 kg, also ca. 2 kg per PS.

III.

Motoren für Flugapparate.

1. Mit V-förmig angeordneten Zylindern.

Motor „Antoinette" für Flugapparate System Levavasseur.

Sowohl die bereits beschriebenen Motoren von Körting, E. N. V. als auch mehrere noch zu beschreibenden Konstruktionen benutzen die Schrägstellung der Zylinder gegeneinander in V-Form, um den zur Unterbringung des Motors zur Verfügung stehenden Raum besser auszunutzen, und um auch durch das kürzere Motorgehäuse und die kürzere Kurbelwelle an Gewicht zu sparen. Diese V-Stellung der Zylinder, deren Wichtigkeit für die Flugmotoren zuerst von Levavasseur erkannt wurde, ergibt dann besonders einfache Motorformen, wenn man durch Anordnung aller Ventile auf der Innenseite mit einer einzigen Nockenwelle steuert. Abweichend von den Konstruktionen von Körting und Renault haben die „Antoinette"-Motoren selbsttätige Saugventile. Die beistehende Schnitt-Zeichnung eines Antoinette-Motors (Fig. 50) läßt die typische Anordnung desselben erkennen. Die Details sind für alle Antoinette-Motoren von 24 PS bis 360 PS gleichartig, nur die Anzahl der Zylinder steigt von 4 bis 24.

Die Zylinder stehen in zwei Reihen paarweise und unter einem Winkel von 90° (V-förmig) einander gegenüber. Je zwei Kolben wirken auf einen Kurbelzapfen. Die Ventile liegen auf der Innenseite der Zylinder, können daher alle durch eine Nockenwelle betätigt werden. Die Einlaßventile

arbeiten automatisch. Die gußeisernen Zylinder haben bei der älteren Konstruktion Wassermäntel aus Messingblech, welche durch die Zylinderdeckel mit Ventilkammern aus Aluminiumguß auf Bunde unten an den Zylindern gepreßt werden.

Die Ventile sitzen übereinander in zwei Stahlbüchsen, welche in den Zylinderkopf aus Aluminium eingepreßt sind.

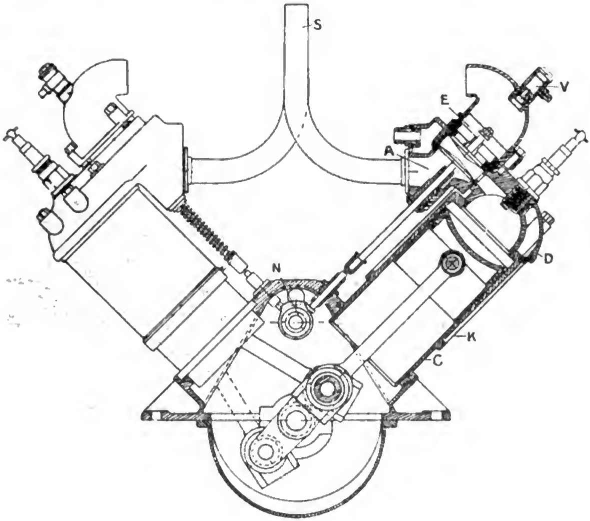


Fig. 50.
Antoinette-Motor (Schnitt).

Einen Vergaser besitzt der Motor nicht, sondern das Benzin wird durch dünne Kupferleitungen, deren Dichthaltung nicht ganz leicht ist, durch eine kleine Kolbenpumpe den einzelnen Zylindern zugeführt. Diese durch den Wegfall des Vergasers und seiner weiten Rohrleitungen erreichte Gewichtsverringerung ist durch einen vermehrten Benzinverbrauch erkauft, da die erst im Zylinder erfolgende

los große Verbesserungen gegenüber der ersten Konstruktion.

Dieser Wassermantel wird wie beim E. N. V.-Motor in sauberer Ausführung auf galvanoplastischem Wege hergestellt. Die Zündung ist Batteriekerzenzündung mit Hochspannungsverteiler. Die Schmierung erfolgt durch eine kleine Kolbenpumpe. Sie drückt das Öl in ein Kupferrohr, das sich im Motorgehäuse über der Nockenwelle befindet,

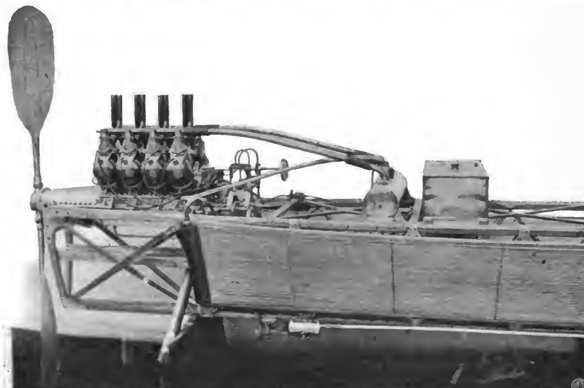


Fig. 52.
„Antoinette"-Motor Modell 1909 im Eindecker „Antoinette" von Latham. Verdampfungskühlung mit Kondensator und Wasserpumpe.

und aus dessen Löchern die einzelnen Schmierstellen versorgt werden, ähnlich wie beim L. N. V.-Motor.

Fig. 52 zeigt den neuesten Antoinette-Motor mit Kühlapparat, wie er in den Flugapparat von Latham eingebaut ist. Der Antoinettekühler, richtiger Kondensator, da es eine Verdampfungskühlung ist, ist sehr leicht gebaut und wird von den Antoinettewerken besonders für flugtechnische Zwecke hergestellt. Er besteht aus vielen Rohren, die eine sehr große Kühlfläche besitzen und kann in Form einer langgestreckten, dünnen und biegsamen Wand ($0{,}06 \times 3 \times 1$ m) an dem Körper

der Flugmaschine untergebracht werden. Außerdem kann man diesem Kühler beliebige Formen geben, um ihn an beliebiger Stelle des Flugapparates unterzubringen. Das Gewicht der Rohre pro Quadratmeter Oberfläche beträgt 300 g. Das Gewicht eines Kühlers für einen 50 PS-Motor beträgt nur ca. 12 kg. Die gesamte Oberfläche ist 12 qm groß. Von dem Gewicht entfallen $^{8}/_{10}$ auf die Rohre und $^{2}/_{10}$ auf die Verbindungsstücke. Zylinder und Leitungen enthalten nur ca. 10 Liter Wasser.

Die Kühlung erfolgt in der Weise, daß der Motor mit einem Wasserbehälter in Verbindung steht, der als Separator für Wasser und Dampf dient. Der ganze Apparat bietet einen geschlossenen Stromkreis. Der Umlauf des Wassers kann sowohl nach dem Thermosyphon-Prinzip, wie auch mit Hilfe einer Pumpe erfolgen, die zwischen das Reservoir und den Motor eingeschaltet wird. Der Kühler resp. Kondensator steht mit dem oberen Teile des Reservoirs, wo sich der Dampf befindet, in Verbindung. Der Dampf verflüssigt sich in dem Kondensator, und das Wasser wird nach der Kondensation durch eine kleine Pumpe in das Reservoir zurückgepumpt. Hieraus folgt, daß der Dampf, der eine geringere Dichtigkeit hat wie die Luft, keine Erhöhung des Gewichtes herbeiführen kann. Die Menge des vom 50 PS-Motor verdampften Wassers beträgt nur einige Kubikzentimeter, und sein Gewicht kann gänzlich vernachlässigt werden, denn das ganze Wasser, das im Kondensator zirkuliert, beträgt noch nicht einen halben Liter. Man sieht also, daß bei dem Antoinettekondensator das zur Kühlung erforderliche Wasser sich nur zusammensetzt aus dem im Motor befindlichen Wasser und einer kleinen Wassermenge, die sich im Reservoir befindet, während bei der gewöhnlichen Kühlung noch die große Wassermenge, welche die Kühler aufnehmen, mitzunehmen ist, was eine Vermehrung des Gewichtes um ca. 12 bis 16 kg bedeutet.

Die Antoinette-Motoren (Acht-Zylindermotoren) sind in folgenden Größen ausgeführt:

Leistung PS	Zyl. Durchm. mm	Hub mm	Uml./min	Gewicht kg	
20/24	80	80	1600	40	ohne Kühler
40/50	105	105	1400	70	
70/80	130	130	1200	100	
100/120	130	150	1000	120	

Außerdem erfolgt noch die Ausführung als 16 und 24-Zylindermotor. Da viele Bestandteile des Achtzylindermotors ihrer Größe und Zahl nach in diesen Konstruktionen beibehalten werden konnten, so wird das Gewicht dieser letzteren Typen per 1 PS noch etwas geringer werden.

Antoinette baut noch einen kleinen Motor mit 2 V-förmigen Zylindern von ca. 5 PS. Leistung.

Wenn es auch dem Antoinette-Motor trotz der erheblichen Verbesserungen, die an ihm vorgenommen worden sind, noch nicht gelungen ist, die Anforderungen der Flugtechnik in bezug auf Betriebssicherheit und Ausdauer des Motors voll und ganz zu befriedigen, so muß doch andrerseits anerkannt werden, daß Levavasseur als Pionier auf dem Gebiete der Flugmotorentechnik vorgegangen ist und als erster leichte Motoren für Flugapparate auf den Markt brachte. Levavasseur hat die Type des Achtzylindermotors in V-Form geschaffen, die sich mehr und mehr als Standard-Type einführt.

Pipe-Motor für Flugapparate.

Der Pipe-Motor hat acht Zylinder in der für aviatische Zwecke üblichen Anordnung. Bei einer Bohrung von 100 mm und gleichem Hub leistet der Motor bei ca. 1200 Touren per Minute 50 PS, doch läßt sich die Tourenzahl bis auf 1950 per Minute steigern, wobei der Motor bis 70 PS leisten soll. Die Zylinder sind gegossen, während die Kolben aus Stahl gepreßt sind und daher im Gewicht auf das geringste vermindert werden konnten. In dem im Winkel von 45 ^{0}

geneigten Zylindern sind die Ventile senkrecht in der halbkugelförmigen Explosionskammer angeordnet, und zwar sind Ein- und Auslaßventile zu einem Doppelventil vereinigt, indem das Einlaßventil in dem rohrförmigen Auslaßventil geführt ist. Dadurch wird das Auslaßventil durch die frischen Gase des Einlaßventils abgekühlt. Die Ventile stecken in einem Ventilkorb, der oben den Lagerbock für die beiden Ventilhebel trägt. Daher kann bei Defekt eines Ventils der ganze Ventilkorb sehr schnell ausgewechselt werden, denn es ist nicht notwendig, die Ventilhebel vorher abzumontieren. Das Auspuffventil ist mit zwei Dichtungsringen versehen, um ein Eintreten von Auspuffgasen in den Kanal für die frischen Gase zu verhindern.

Die Zündkerzen sitzen fast zentral im Zylinder, und zwar in einer langen Bohrung, um ein Verschmutzen durch Öl zu verhindern. Die Zylinder sind mit Kühlrippen versehen, da die Kühlung mittels Luft erfolgt, die durch einen über den Zylinder gestülpten Mantel aus Aluminiumblech von oben nach unten auf den Zylinder geblasen wird. Die Rippen am Zylinder verlaufen von oben nach unten, an der Explosionskammer, kreisförmig. Daß für einen derartig großen Zylinderdurchmesser, ohne unteren Hilfsauspuff, die Luftkühlung genügt, widerspricht den bisherigen Erfahrungen mit Luftkühlung. Der Luftstrom wird durch einen auf der Motorwelle montierten Ventilator erzeugt.

Die Kurbelwelle ist nur viermal gekröpft, da je zwei Kolben auf gemeinsamem Kurbelzapfen arbeiten. Es ist daher nur für drei Lager auf der Kurbelwelle Raum, die als Kugellager ausgebildet sind. Der Einführung der Lager wegen haben dieselben einen abnehmenden Durchmesser. Um Gewicht zu sparen, ist die Kurbelwelle durchbohrt, ebenso die Steuerwelle, die mit den Nocken aus einem Stück besteht und ebenfalls auf drei Kugellagern gelagert ist. Die Kurbelwelle läuft im Ölbade und durch das abgeschleuderte Öl werden auch alle anderen Organe geschmiert.

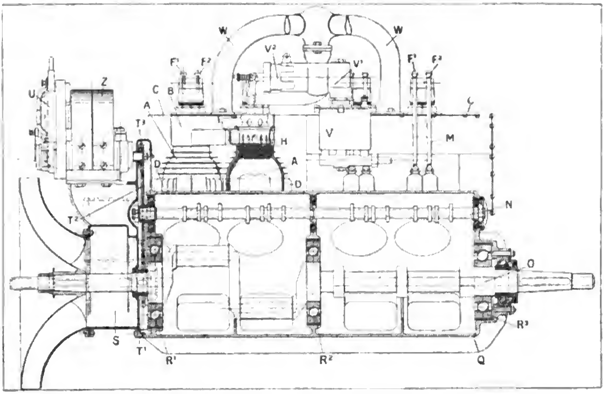


Fig. 53.
50 PS Pipe-Motor für Flugapparate. Längsschnitt durch das Motorgehäuse und durch einen Zylinder.

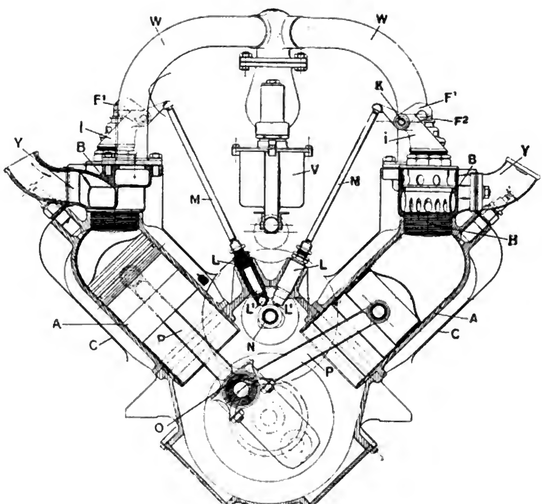


Fig. 54.
Querschnitt.
(Pipe-Motor für Flugapparate.)

Der Vergaser ist in der Mitte zwischen den Zylindern montiert, so, daß der Weg der frischen Gase nach allen Zylindern gleich weit ist. Je zwei benachbarte Zylinder

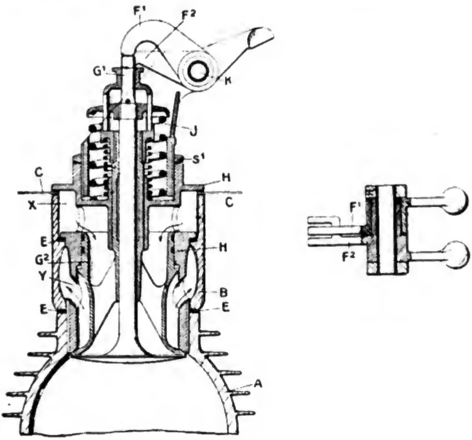


Fig. 55.

Schnitt durch das Doppelventil des Pipemotors.

Erklärung zu den Figuren 53 bis 55.

A Zylinder, *B* Kammer mit Saugkanal *X* und Auspuffkanal *Y*, *C* Luftmantel, *D* Kühlrippen, *H* Ventilkorb, C^1 Saugventil, G^2 Auspuffventil, F^1, F^2 Ventilhebel, drehbar um Bolzen *K* im Lagerbock *I*, welcher im Ventilkorb *H* verschraubt und mit Kontermutter I^1 gesichert ist, *E* Dichtungsscheiben zwischen Ventilkorb *H* und Kammer *B*, *P* Pleuel, *O* Kurbelwelle, gelagert in Kugellagern R^1 bis R^3 in Gehäus *Q*, *N* Nockenwelle, *L* Stößel, *M* Ventilstangen, L^1 Kugeln in den Stößeln, *V* Vergaser, *W* Zuleitung der frischen Gase zum Kanal *X* in Kammern *B*, U^1 Mischkammer, U^2 Drosselschieber am Vergaser, T^1 Zahnrad auf Motorwelle *O* zum Antrieb des Zahnrad T^2 auf Nockenwelle *N*, T^3 Zahnrad für Zündapparat *Z* und Stromverteiler *U*, *S* Ventilator.

werden durch ein Rohr gespeist, da je zwei Zylinder eine gemeinsame Kammer mit den Ein- und Auslaßkanälen haben. Damit auch bei Schräglage der Vergaser gut funktioniert, ist die Düse in der Mitte des Schwimmers angeordnet. Durch einen Drosselschieber, der gleichzeitig die Zusatzluft verändert, wird der Motor reguliert.

Die Zündung ist eine Hochspannungs-Magnetzündung, wobei der Verteiler für den hochgespannten Strom mit dem Magnetinduktor verbunden ist.

Das Gewicht des betriebsfertigen Motors beträgt 131 kg, also 2,62 kg per PS. Dies geringe Gewicht ist außer durch reichliche Verwendung von Aluminium und durch das Ausbohren vieler Teile, wie Wellen, Kolbenzapfen, Ventilstößel, sehr leichte Kolben und Pleuel, sehr schmale Zahnräder, durch den Fortfall der Wasserkühlung erreicht. Der Ventilator mit der Rohrleitung und den Lufthauben auf den Zylindern dürfte aber fast so viel wiegen als ein Wasserkühler aus Aluminium, wie ihn Basse & Selve fabrizieren, so daß eigentlich nur das Gewicht des Kühlwassers erspart sein dürfte, was ca. 15 kg ausmacht, dafür aber weit größere Betriebssicherheit gewährleistet.

Flugmotor von Renault-Frères.

Außer dem Luftschiffmotor mit stehenden Zylindern und Wasserkühlung, der von den bewährten Automobilmotoren dieser Firma wenig abweicht, bauen Renault-Frères noch einen Flugmotor mit acht Zylindern in V-Form mit Luft-

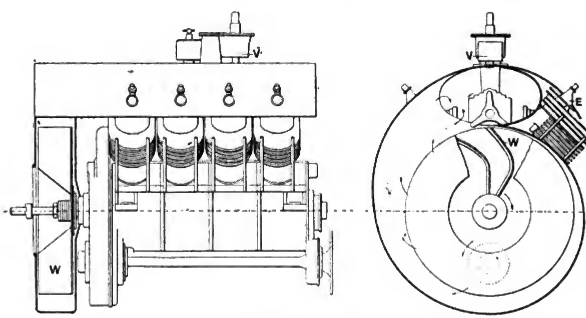


Fig. 56 und 57.
Flugmotor von Renault Frères in der ersten Ausführung mit einem Ventilator.
E Einlaßventil, *V* Vergaser, *W* Ventilator.

kühlung. Der Motor ist wiederholt umgebaut worden, zuerst hatte er nur einen Ventilator zur Kühlung (Fig. 56, 57, 58). Schließlich hat der Motor bei der Prüfung des Automobilklubs de France für Flugmotoren mit am besten abgeschnitten. Bei 90 mm Bohrung und 120 mm Hub leistet

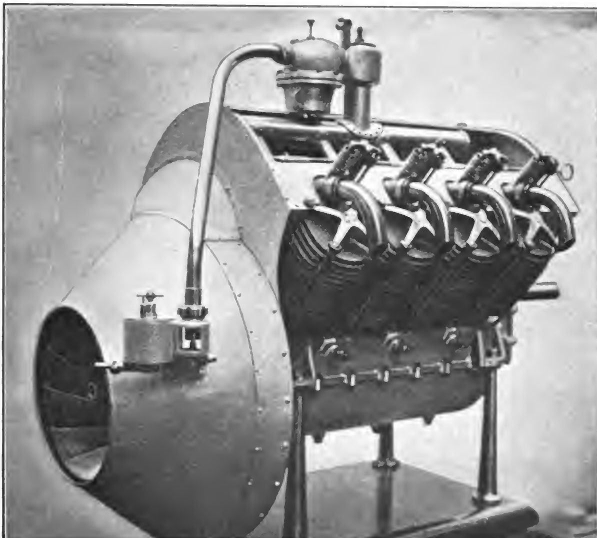


Fig. 58.
Flugmotor von Renault mit einem Ventilator.
Nach der A. A. Z.

der Motor 52 PS bei 1800 Touren. Das Gewicht beträgt 142 kg mit allen Nebenapparaten, also 2,7 kg per PS.

Die Kühlung wird jetzt durch zwei Ventilatoren erzeugt, die durch Stirnräder von der Nockenwelle angetrieben werden und derart arbeiten, daß sie die Luft in den Blechkasten, der die Zylinder halb umschließt, hineindrücken und zwischen die Zylinderrippen hindurchjagen. Die Ventilatoren sind

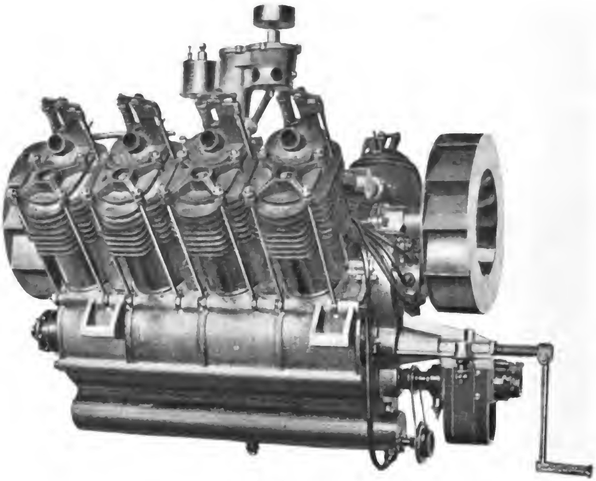


Fig. 59.
Flugmotor von Renault, dritte Ausführung mit 2 Ventilatoren ohne Haube.

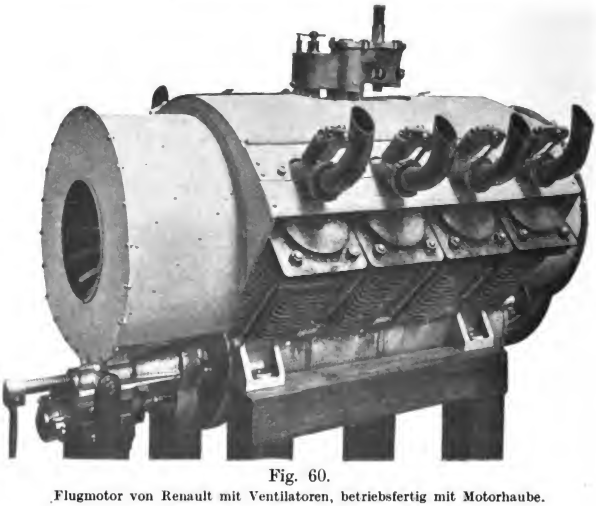


Fig. 60.
Flugmotor von Renault mit Ventilatoren, betriebsfertig mit Motorhaube.

übrigens anders als die sonst üblichen Kühlventilatoren gebaut, im Gegensatz zu den sonst für Motoren gebräuchlichen Apparaten, bei denen die Luft in der Achsrichtung befördert

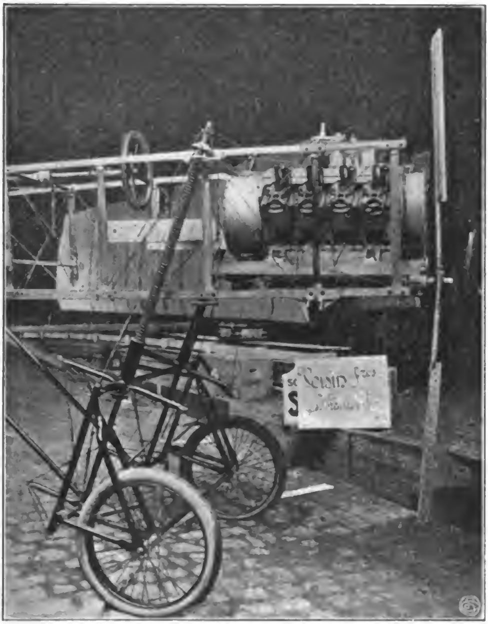


Fig. 61.
Renault-Motor im Voisin-Drachenflieger.

wird, wird sie hier radial geschleudert. Renault benutzt also zwei aufeinander prallende Luftströme. Die übrige Anordnung, die aus den Figuren zu erkennen ist, bietet nichts besonderes. Die Ventile sind wie beim Renault-Automobilmotor angeordnet.

Fig. 59 läßt auch erkennen, daß der Stromverteiler vom Magneten getrennt auf der Nockenwelle sitzt. Der Magnetinduktor selbst ist von der Motorwelle mit einer Übersetzung von 1:2 angetrieben. Unter dem Kurbelgehäuse ist das Ölreservoir mit Ölpumpe angebracht, die mittels Seil angehalten wird.

Fig. 61 zeigt den Motor in einen Voisin-Drachenflieger eingebaut. Dieser Motcr wird jetzt auch mit nur 4 Zylindern gebaut und leistet dann 24 PS.

Motor für Flugapparate von Rumpler.

Dieser Motor (Fig. 62 bis 64) ist ebenfalls ein Achtzylinder in V-Form. Die Zylinder sind nach Wunsch wasser- oder luftgekühlt, und die Ventile schräg in die Ventilkammern eingebaut, so daß die Auslaßventile horizontal stehen, die Saugventile

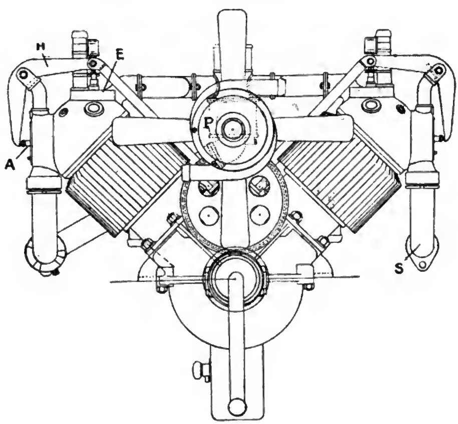


Fig. 62.

Motor von Rumpler.

A Auspuffventil, *E* Einlaßventil, *S* Auspuffrohre, *H* Ventilhebel, *P* Wasserpumpe, dahinter der Ventilator und Vergaser.

vertikal. Rumpler hat darauf verzichtet, Komplikationen durch Ineinanderschachtelung von Ventilen zu schaffen, betätigt aber beide Ventile eines Zylinders durch einen gemeinsamen Kipphebel. Die Ventilfedern auf der Maschine, die die direkte Hitze vom Motor erhalten, sind als Blattfedern ausgeführt und breit gehalten, so daß sie dem Luftzug eine große Kühlfläche bieten. Die Zylinder (Fig. 63) sind aus Chromnickelstahl gezogen, demnach sehr leicht im Gewicht. Aus gleichem Material ist die Kurbelwelle hergestellt, die durchbohrt ist und außerdem ausgefräst. Der Kühlmantel ist aus Kupferblech hergestellt und mit hohlen Kühlrippen versehen, um die Oberfläche zwecks Abkühlung zu vergrößern.

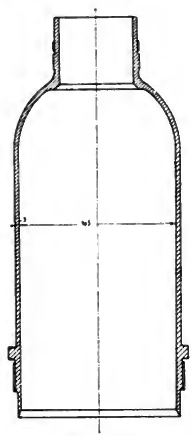


Fig. 63.
Stahlzylinder des Flugmotors von Rumpler, neue Ausführung mit kombiniertem Ventil.

Das Kurbelgehäuse aus Aluminium ist in der durch die Kurbelwelle gehenden wagerechten Ebene geteilt. Der Unterteil ist ein mit Aluminiumblech ausgekleideter Rahmen und dient als Ölmulde. Die Kurbelwelle aus Chromnickelstahl hat drei Gleitlager. Sie ist in allen Kurbel- und Lagerzapfen ausgebohrt und in den Kurbelarmen I-förmig ausgefräst. Der Deckel des mittleren Lagers ist mit dem Unterteil des Gehäuses nicht verbunden, sondern trägt die im tiefsten Punkt der Ölmulde arbeitende und durch Kegelräder angetriebene Zahnrad-Ölpumpe. Der Motor wird mit der Hand angedreht.

Die nicht eingekapselten Antriebsräder der Steuerwelle bestehen wie alle beanspruchten Teile aus Chromnickelstahl oder aus Phosphorbronze. Die Steuerwelle ist ähnlich wie bei dem Antoinette-Motor angeordnet, trägt aber für jeden Zylinder nur einen zweistufigen Nocken, der mit Hilfe einer

Stoßstange und eines damit gelenkig verbundenen Schwinghebels Auspuff- und Saugventil betätigt, wobei die Rolle der Stoßstange durch eine der Feder des Saugventiles entgegenarbeitende starke Feder gezwungen wird, immer am Nocken anzuliegen. Die ausgebohrten Schubstangen aus

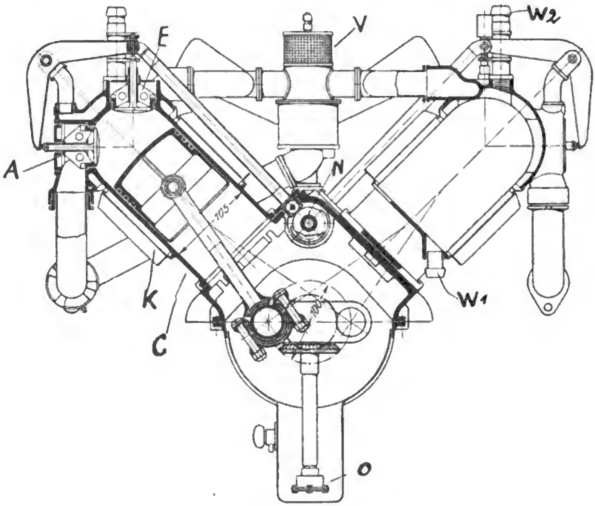


Fig. 64.

Querschnitt durch den Flugmotor von Rumpler.

A Auslaßventil, *E* Einlaßventil, *C* Zylinder, *K* Kühlmantel mit Rippen, *W*[1] Waasereinlaß, *W*[2] Wasserauslaß, *N* Steuerwelle, *O* Ölpumpe, *V* Vergaser.

Chromnickelstahl greifen paarweise nebeneinander an einem Kurbelzapfen an. Die Saugleitung aus Aluminiumblech verbindet durch ihre Abzweigungen jeden Zylinder auf gleiche Weise mit dem in der Mitte angeordneten Vergaser, der nur 0,8 kg wiegt und auch in geneigter Lage richtig arbeitet. Die Zündung ist entweder Batteriezündung oder Magnet-Hochspannungszündung.

Die Auslässe für die Abgase sind nach unten gelegt, eine Anordnung, die, was Zugänglichkeit der Ventile angeht, sehr viel für sich hat. Die Einlaßleitungen liegen an der Innenseite der Zylinder und werden dadurch möglichst kurz. Der Vergaser sitzt in der Mitte des ganzen Blocks zwischen den Zylindergruppen. Durch diese Anordnung soll auch bezweckt werden, Vergaser und Rohrleitungen warm genug zu halten, damit keine Kondensation des Brennstoffes durch die Verdunstungskälte eintritt. Sehr gut ist die Ölung durchgebildet, dieselbe erfolgt mittels einer Ölpumpe, die das Öl in die hohle Steuerwelle drückt. Der Motor leistet bei einer Bohrung von 105 mm und 100 mm Hub, bei 1500 Touren 52 PS und hat ein Gewicht von nur 98 kg, also noch nicht 2 kg per PS.

Flugmotor von Ambroise Farcot

baut mehrere Typen von Luftschiff- und Flugmotoren mit Luftkühlung, die sich durch geringes Gewicht auszeichnen. Die Motor-Type mit V-Anordnung hat noch getrennte Einlaß- und Auspuffventile. Durch Verwendung eines gemeinsamen Steuerventils, das beim Sternmotor von Farcot beschrieben wird, kann das Gewicht noch erleichtert werden. Dieser Achtzylindermotor leistet bei 1500 Umdrehungen in der Minute 50 PS. Mit Vergaser, Zündung und Ventilator wiegt der Motor 55 kg, ein anderer 110pferdiger Motor dieser Bauart sogar noch weniger als 1 kg für 1 PS Leistung.

Fig. 65 bis 67 zeigen einen Motor, dessen Leistung von Farcot mit 110 PS bei 130 mm Bohrung und 140 Hub mit 1200 Touren angegeben wird. Wie man sieht, ist bei diesem eine der Renaultschen ähnliche Ventilanordnung gewählt. Auch erfolgt der Auspuff oben. Die Auspuffleitungen sind aber zu einem Rohr vereinigt, was zur Dämpfung des Geräusches beiträgt. Der Vergaser ist an der Verteilungsleitung vorn angebracht. Die Durchlöcherung der oberen Kühlrippen soll sie leichter machen und die Kühlfläche vergrößern. Die Lagerung der Kurbelwelle und die Art der Luftkühlung ist



Fig. 65.
Flugmotor von Farcot.

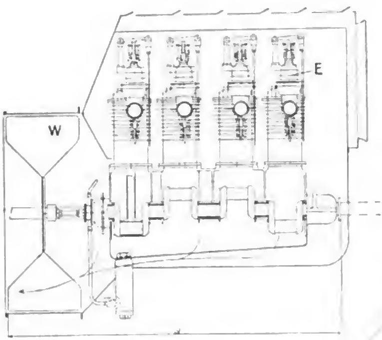


Fig. 66.
Flugmotor von Farcot mit Haube und Ventilator.
E Einlassventil. *W* Ventilator.

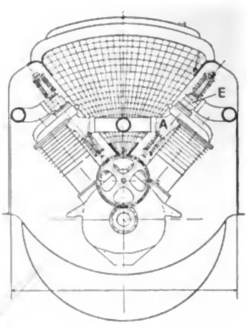


Fig. 67.
Ansicht von vorn.
A Auslaßventil, *E* Einlaßventil.

in Fig. 66 dargestellt. Wie ersichtlich, saugt der Ventilator die Luft durch eine Motorhaube ein, die den Motor umschließt, ähnlich wie beim Renaultmotor.

Flugmotor der Fiat-Werke.

Auch die Fiatwerke, Turin, haben einen ähnlichen

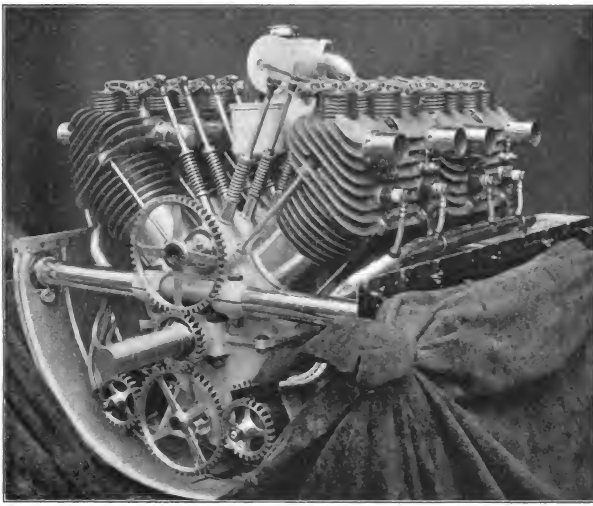


Fig. 68.
„Fiat"-Flugmotor.
Nach der A. A. Z.

Motor gebaut. Der Motor hat acht Zylinder. Die Zylinder sind luftgekühlt, und mit sehr breiten Kühlrippen versehen. Die Ventile sind beide gesteuert und schräg zur Zylinderachse in die Ventilkammern eingebaut, demnach stehen die Ventilspindeln vertikal.

Die Zylinder des Motors sind einzeln gegossen und werden durch je 3 Zugstangen und Schrauben auf dem Ge-

häuse festgehalten, das in der Mitte der Kurbelwelle horizontal geteilt ist. In der Mitte des Gehäuses liegt die beiden Zylinderseiten gemeinsame Steuerwelle oben, darüber der Vergaser.

Die Aufhängung des Motors erfolgt mittels zweier Rohrträger, die vorn und hinten am Gehäuse durch je zwei angegossene Schellen hindurchgesteckt sind. Die außen freiliegenden Steuerräder für die Nockenwelle und die Magnete sind sehr leicht gehalten. Der Motor hat zwei Magnetapparate, und zwar je einen für eine Seitengruppe von vier Zylindern. Die Kabel sind von dem Magnet zu den zugehörigen Zylindern in Rohrleitungen geführt, aus denen sie zu den einzelnen Kerzen abzweigen. Der ganze Motor sitzt in einer Schale aus Aluminiumblech. Der Motor leistet 40 PS bei einem Gewicht von 90 kg.

J. A. P.-Flugmotor von Giraudan.

Dieser Achtzylindermotor (Fig. 69 und 70) ist ebenfalls V-förmig angeordnet. Die Zylinderbohrung beträgt 90 mm, der Kolbenhub 120 mm; die Kühlung erfolgt mittels Ventilators. Die an der Bremse entwickelte Leistung beträgt 40 PS, und das Gewicht in betriebsfertiger Ausrüstung, einschließlich des Schwungrades, der Vergaser und der Magnete, nur 80 kg. Die Motorsteuerung erfolgt durch eine einzige Daumenwelle. Die in der halbkugelförmigen Explosionskammer untergebrachten Ventile werden durch Kipphebel betätigt.

Auch hier sind die Kühlrippen mit Löchern versehen, um Gewicht zu sparen.

Motor von Bruneau.

Dieser kleine Motor (Fig. 71) mit zwei Zylindern in V-Form sei nur deshalb erwähnt, weil er zu Modell-Versuchen geeignet ist. Bei nur 9 kg Gewicht soll der Motor ca. 3 PS leisten.

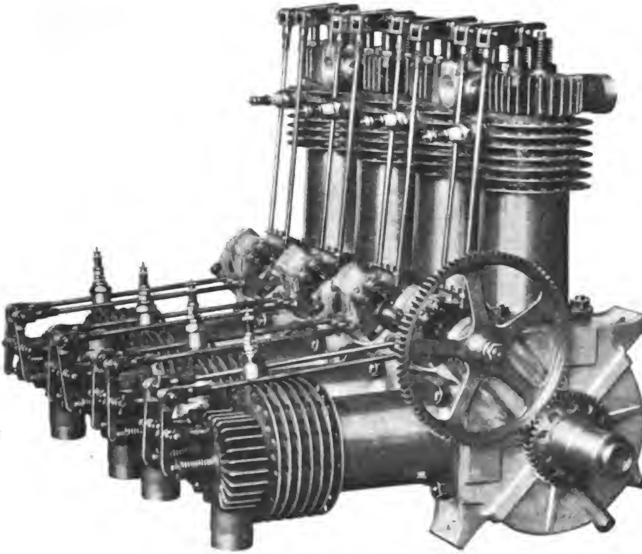


Fig. 69.
J. A. P.-Flugmotor.

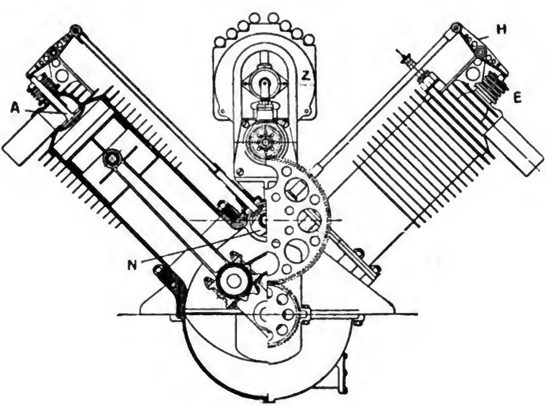


Fig. 70.
J. A. P.-Flugmotor.
A Auspuffventil, *E* Einlaßventil, *N* Steuerwelle, *H* Ventilhebel, *Z* Zündapparat.

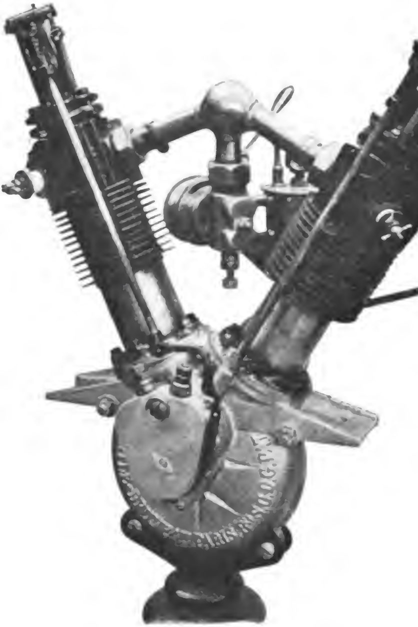


Fig. 71.
Motor von Bruneau.

2. Flugmotoren mit stehenden Zylindern.

Die besonderen, von dem bewährten Aufbau der Automobilmotoren abweichenden Anordnungen der Zylinder bei den Flugmotoren sind von dem Bestreben geleitet, am Gewicht zu sparen, das Drehmoment möglichst gleichmäßig zu machen und einen vollkommenen Massenausgleich zu erreichen. Es lassen sich aber sehr brauchbare Motoren für Flugapparate mit dem bewährten Aufbau des Automobil-

motors erreichen und sei als Beispiel der Motor der Gebrüder Wright erwähnt. Natürlich sind bei dieser Anordnung mit stehenden Zylindern in einer Reihe so geringe Gewichte, wie z. B. beim V-, Stern- und Fächermotor per PS nicht zu erreichen, man kann aber, ohne die Motorteile unzulässig zu beanspruchen, bei Motoren von ca. 30 PS auf ein Gewicht von ca. 2,8 kg per PS kommen.

Motor für Flugapparate von Palous & Beuse.

Der Motor von Palous & Beuse hat vier stehende Zylinder mit aufgesetzten Wassermänteln. Die kleinste Type leistet bei 100 mm Bohrung und 130 mm Hub 30 PS. Die zweite Type leistet bei 120 mm Bohrung und 150 mm Hub 50 PS. Die dritte Type bei 120 mm Bohrung und 140 mm Hub 80 PS und die größte Type bei 130 mm Bohrung und 170 mm Hub 100 PS. Für alle Typen wird trotz des sehr verschiedenen Hubes die Tourenzahl 1300/1500 per Minute als normal seitens der Fabrikanten angegeben.

Die Gewichte werden vom Fabrikanten für obige Typen ohne Kühlapparat mit 60, 80, 100 und 130 kg angegeben. Da die Kühler aus Aluminium nur 12 bis 25 kg wiegen sollen, würde bei der kleinsten Type nur ca. 2,5 kg auf ein PS entfallen, bei der größten Type sogar nur 1,55 kg.

Außer durch die oben beschriebene Konstruktion der Zylinder und Ventile wird dies geringe Gewicht durch eine vielfache Verwendung von Aluminium erreicht. Aus diesem Material ist nicht nur wie üblich das Motorgehäuse, sondern auch die Kühlmäntel, der mit dem Motor verbundene Kühlapparat, die Kammer für Auspuff und Einlaß an den Zylindern und die Rohrleitungen nach dem Vergaser wie dieser selbst gefertigt.

Das Gehäuse hat eine sehr einfache Form, da die Steuerwelle nicht im Gehäuse, sondern über den Zylinder gelagert ist, in einem besonderen rohrförmigen Aluminiumgehäuse,

also vollständig geschlossen. Ebenso ist die stehende Übertragungswelle von der Motorwelle zur Nockenwelle eingekapselt. Die Zündung erfolgt mittels Hochspannungs-Magnetinduktor. Dieser ist vorn am Deckel des Gehäuses angebracht. Neben demselben wird eine kleine Kolbenpumpe angetrieben, die das Öl unten im Gehäuse aufnimmt und durch die hohle Welle in die Lagerzapfen drückt. Eine Bohrung in jedem Kurbelzapfen korrespondiert mit den Pleuellagern.

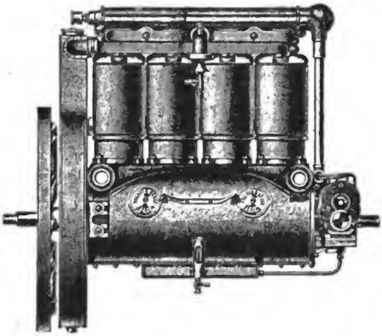


Fig. 72.
30 PS-Motor von Palous & Beuse für Flugapparate.

In geschickter Weise sind lange Rohrleitungen gespart, da der Kühler direkt am Gehäuse befestigt ist und mit der Oberkante der Zylinder abschneidet. Der Vergaser ist an der alle vier Zylinder verbindenden Saugkammer angebracht. Es ist ein Ventilvergaser ohne Schwimmer, wodurch derselbe sehr einfach und leicht wird. Durch eine Stellschraube kann der Hub des Ventils und damit der Benzinmenge reguliert werden. Ein Handhebel reguliert die Zusatzluft. Auf der Kühlerseite ist ein leichtes Schwungrad angebracht, das gleichzeitig den Ventilator für den Kühler bildet.

Motor der Gebrüder Wright.

Der Wrightmotor (Fig. 73 und 74) ist ein sehr einfacher Motor mit vier Zylindern mit Wasserkühlung. Die Einlaßventile sind automatisch, nur die Auslaßventile werden durch Stoß-

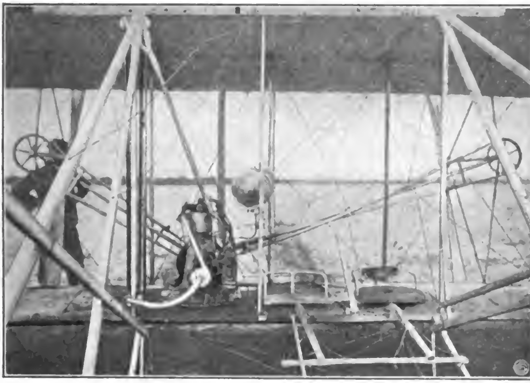


Fig. 73.
Mittlerer Teil des Wright-Drachenfliegers mit dem Motor und Kühler.

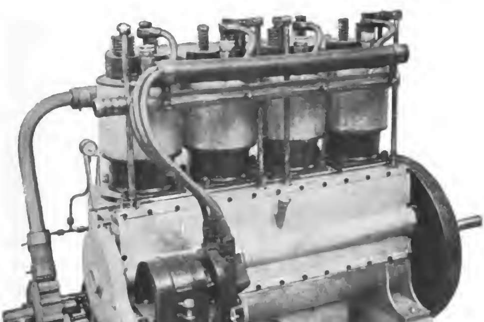


Fig. 74.
Flugmotor der Gebrüder Wright.
(Neues Modell mit eingekapselten Zahnrädern.)

stangen und Kipphebel gesteuert. Die Zylinder sind einzeln gegossen und mit kupfernen Wassermänteln versehen. Die Wasserpumpe sitzt direkt auf der Kurbelwelle. In die Wasserleitung ist zur Kontrolle ein Manometer eingeschaltet. Die Zahnräder auf der Steuerwelle und dem Magnetinduktor, die bei der ersten Ausführung freilagen, sind jetzt eingekapselt. Die Zündung erfolgt durch einen Magnetapparat für Hochspannung. Bemerkenswert ist an diesem Motor, daß derselbe ohne Vergaser mit direkter Benzineinspritzung in die Rohrleitung nach den Saugventilen wie der ähnliche „Antoinette“-Motor arbeitet. Die Benzinpumpe ist als Zahnradpumpe ausgebildet. Eine zweite Pumpe dient der Schmierung und saugt das Öl aus dem unter den Kurbelgehäuse befindlichen Ölsammler, um es nach den 4 Zylindern und den Lagern der Welle zu drücken, am Ölsammler ist ein Standglas angebracht. Der Motor leistet 28 PS bei einem Gewicht von 68 kg inkl. einem kleinen Schwungrad, jedoch ohne Kühler. Diesen Motor baut jetzt die N. A. G. für die „Deutsche Wright-Flugmaschinen-Gesellschaft“. Die Wright-Motoren der N. A. G. leisten 30 PS.

Neuer Flugmotor von Renault Frères.

Diese bekannte Automobilfabrik baut jetzt auch einen Flugmotor mit vier stehenden Zylindern, der in seiner äußeren Form an den Flugmotor der Adlerwerke erinnert. Auch hier sind die Zylinder zusammengesetzt und Kühlmantel aus Kupfer mit Wellen versehen. Die beiden Ventile werden durch einen gemeinsamen Kipphebel betätigt. Die vier Einlaßventile sind durch ein Saugrohr verbunden, in das in der Mitte durch ein engeres Rohr von dem unten neben der Kurbelkammer montierten Vergaser das Gasgemisch eintritt und sich hier mit der Zusatzluft mischt. Die Schmierung erfolgt mittels Pumpen, die Zündung durch Hochspannungs-Magnetinduktor.

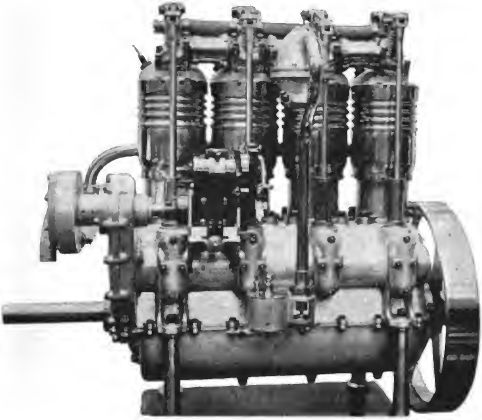


Fig. 75.
Neuer Flugmotor von Renault.

Neben der Firma Vivinus in Brüssel fabriziert jetzt auch die bekannte Automobilfabrik Métallurgique Motoren für Flugapparate. Beide Motoren haben vier Zylinder mit Wasserkühlung. Ein- und Auslaßventile sind zwangläufig gesteuert. Die Auspuffventile sind über den Saugventilen angeordnet. Das Abstellen des Motors erfolgt wie beim Motor von Wright dadurch, daß ein Sperrgestänge die Auslaßventile offen hält. Dies hat nämlich den Vorteil, daß beim Gleitfluge mit abgestelltem Motor die Schrauben sich leichter durch den Luftdruck drehen können und dadurch die Fluggeschwindigkeit nicht so stark verzögern. Für diesen Zweck würde die Anordnung einer Kupplung noch besser sein, jedoch ist das Gewicht einer solchen keine gewünschte Beigabe.

3. Motoren mit gegenüberliegenden Zylindern und fächerförmiger Anordnung.

Flugmotor von Dutheil & Chalmers.

Die Motoren dieser Fabrik sind dadurch bekannt geworden, daß Santos Dumont sie bei seinen Flugmaschinen verwendet.

Wie man aus den Abbildungen (Fig. 76 bis 79) erkennt, sind bei dieser Type je zwei Zylinder liegend einander gegenübergestellt in ähnlicher Weise wie dies früher von Benz u. a. gemacht worden ist. Man erreicht durch diese Gegenüberstellung zweifellos eine sehr gute Ausbalancierung und, dadurch bedingt, ein sehr ruhiges Arbeiten.

Die Firma baut zwei Arten von Flugmotoren: Zweizylindermotoren mit gegenüberliegenden Zylindern und Vierzylindermotoren in derselben Anordnung. Die kleineren Motoren werden nach Wahl mit Luftkühlung oder Wasserkühlung geliefert.

Die Zweizylindermotoren mit Luftkühlung (Fig. 76 und 77) leisten bei 1500 Uml./min 18 PS und haben 125 mm Zylinderdurchmesser sowie 100 mm Hub. Der Ausgleich der freien Massenkräfte ist vollständig, nur bleibt ein Kippmoment mit allerdings kleinem Hebelarm übrig, so daß die Motoren auch ohne Schwungrad nur mit der Luftschraube fast frei von Erschütterungen laufen.

Der ruhige Gang wird hierbei noch dadurch wesentlich erhöht, daß man den großen Nachteil der unregelmäßigen Zündfolge, wie sie bei den Motoren mit 2 stehenden Zylindern und gegeneinander versetzten Kurbeln stattfindet, vermeidet. Die Reihenfolge der Zündungen findet in je zwei zusammengehörigen Zylindern in den Takten 1 und 3 oder 2 und 4 statt.

Die Motoren sind, ähnlich wie bei den Renault-Motoren, aus Zylindern und Zylinderköpfen mittels langer Bolzen zusammengesetzt. Die Kühlrippen und Wassermäntel bestehen aus Kupfer. Von den übereinander in seitlichen Ausbauten angeordneten Ventilen sind die Saugventile selbst-

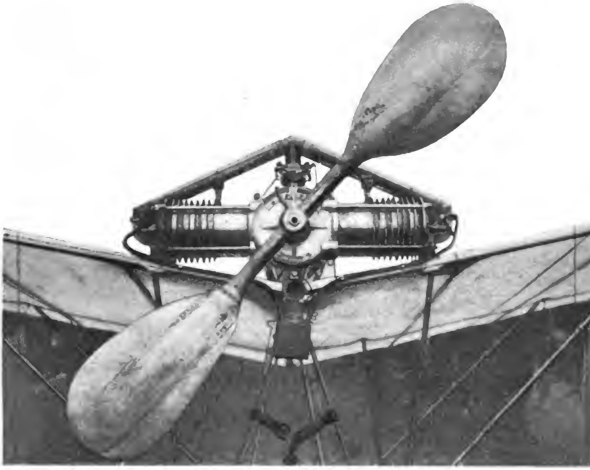


Fig. 76.
Zweizylindermotor mit Luftschraube von Dutheil und Chalmers am Eindecker von Santos-Dumont.
Nach der A. A. Z.

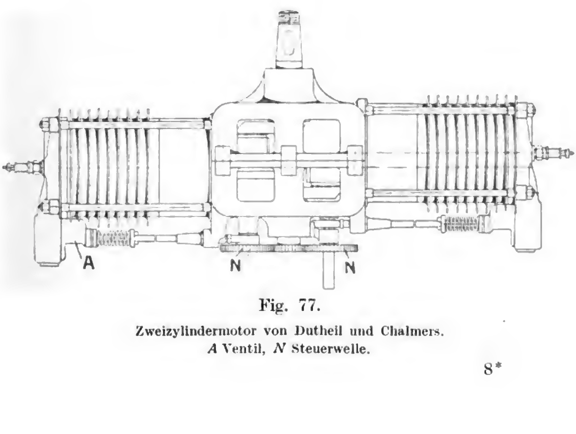


Fig. 77.
Zweizylindermotor von Dutheil und Chalmers.
A Ventil, *N* Steuerwelle.

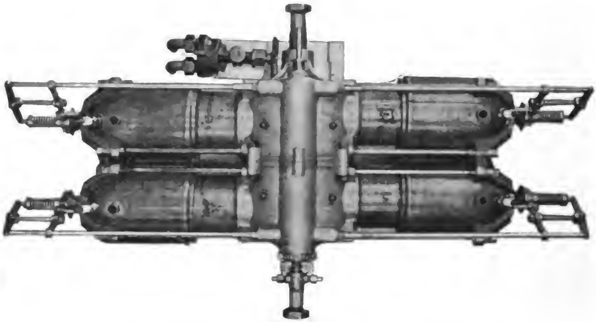


Fig. 78.
Vierzylindermotor von Dutheil und Chalmers mit Wasserkühlung.

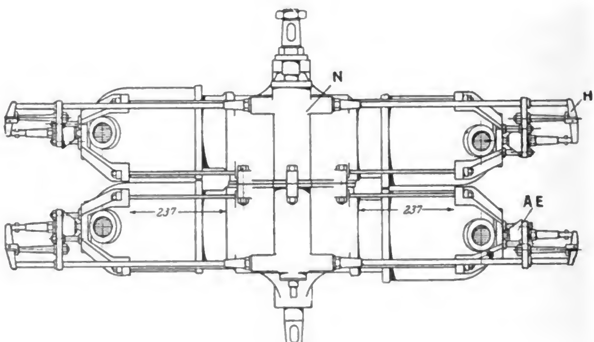


Fig. 79.
Vierzylindermotor von Dutheil und Chalmers.
A und *E* Auslaß- und Einlaßventil, *H* Ventilhebel, *N* Steuerwelle.

tätig, während jedes der beiden Auspuffventile durch eine besondere kurze Steuerwelle betätigt wird. Der Auspuff geht unmittelbar ins Freie. Die Zündung wird durch eine Batterie gespeist.

Die Vierzylindermotoren mit Wasserkühlung (Fig. 78 und 79) stellen sich als zwei hintereinander geschaltete mit Wasser gekühlte Motoren der ersterwähnten Art dar. Die Motoren haben ebenfalls 125 mm Zylinderdurchmesser, aber 120 mm Hub, leisten bei 1200 Uml./min 40 PS und wiegen 120 kg. Die Ventile sitzen mitten im Zylinderkopf, und zwar sind Aus- und Einlaßventil ineinander gebaut und werden durch ein Gestänge betätigt. Die Wassermäntel der Zylinder bestehen aus Kupfer bzw. Messing. Die Zylinder werden durch kreuzförmige Klemmstücke festgehalten, die über den Kopf des Zylinders gestülpt und durch lange Zugstangen zusammengezogen werden.

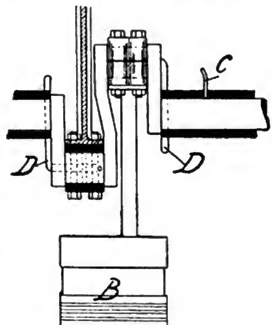


Fig. 80.
Kurbelwelle des Zweizylinder-Motors von Dutheil und Chalmers.
B Kolben, C Ölrohr für das Wellenlager D Ölringe für die Kurbelzapfen.

Je zwei gegenüberliegende Zylinder sind nur soviel gegeneinander versetzt, um, wie Fig. 80 zeigt, den beiden Pleuelstangen, die einseitig gegen ihre zugehörigen Kolben versetzt sind, zu gestatten, aneinander vorbei zu gehen. Dadurch ist das Kippmoment beim Zweizylindermotor sehr gering, beim Vierzylindermotor ist kein Kippmoment vorhanden.

Die Ölung, die bei den Flugmotoren ohnehin schwierig ist, erfordert gerade hier bei einem Motor mit liegenden Zylindern eine ganz besonders gut ausgearbeitete Konstruktion. Das im Motorgehäuse befindliche Öl wird durch eine Pumpe nach den einzelnen Lagerstellen hingedrückt, das aus den Lagern austretende Öl gelangt in die Ölringe in den

Kurbeln und von dort durch Bohrungen nach den Kurbelzapfen, das abgeschleuderte Öl schmiert die Zylinder. Von den Kurbellagern aus geht das Öl durch an den Kurbeln angesetzte Ringe infolge der Schleuderwirkung der Zentrifugalkraft in Bohrungen an den Pleuellagern und von hier wieder nach dem Motorgehäuse zurück.

Dutheil & Chalmers bauen auf Wunsch ihren Motoren eine magnetische Kupplung an. Diese Kupplung besteht aus zwei ineinandergreifenden Eisenringen, die durch die in den einen Ring eingelegten Kupferdrahtwindungen magnetisiert werden können. Um mit einer geringen magnetischen Kraft auszukommen, ist der Durchmesser der Eisenringe groß gewählt. Der Gewichtsersparnis wegen sind die Ringe nach Art der Räder von Fahrrädern mit den Naben durch Tangentspeichen verbunden. Bei einem Gewicht von nur 10 kg kann diese Kupplung bei ca. 1200 Touren 50 PS übertragen. Für den Antrieb von zwei Schrauben wird der Motor auch mit zwei Wellen geliefert, die gegenläufig sind und ein solcher Motor in den Zweidecker von Pischof-Köchlin eingebaut. Ähnliche Motoren bauen in Paris noch die Firmen Darracq und Bertin.

Flugmotor von Anzani.

Bei dieser Motortype stehen je drei Zylinder nebeneinander in einer Ebene (fächerförmig). Der mittlere Zylinder steht senkrecht. Die beiden andern Zylinderpaare sind um 60° gegen die Senkrechte geneigt. Auf den Vorteil, den die Gruppierung mehrerer Zylinder um eine Kurbelwelle herum in bezug auf Gewichtsersparnis bietet, ist bereits hingewiesen worden und wird noch beim Motor von Esnault-Pelterie näher eingegangen.

Anzani baut drei Motor-Typen, je nach Leistung mit drei oder sechs Zylindern. Die kleinste Type ist ein Dreizylindermotor von 85 × 85 mm, 10—12 PS. Dieser Motor wiegt 36 kg, wovon auf die Schwungscheiben allein 14 kg entfallen. Diese Motoren sind für Studienzwecke, Antrieb von Mo-

dellen, Apparaten usw. geeignet, für Drachenflieger aber zu klein.

Die Kurbelwelle bei dem Anzani-Motor ist nach der bei den Dion-Motoren zuerst bekannt gewordenen Weise aus mehreren Teilen zusammengesetzt, und zwar ist bei den Sechszylindermotoren ein gekröpftes Mittelstück als

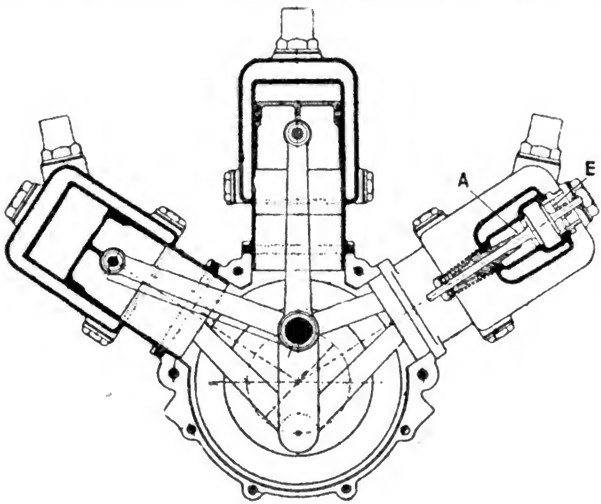


Fig. 81.
Dreizylindermotor von Anzani mit Wasserkühlung.
A Auspuffventil, *E* Saugventil.

eigentliche Kurbel vorhanden. An dieser sind die zwei innen liegenden Schwungräder befestigt und an diesen wieder die nach außen führenden Wellen.

Bei dem Sechszylindermotor von Anzani (Fig. 82) sind je zwei Zylinder hintereinander angeordnet. Der Motor kann also als ein geklappter Sechszylinder-Sternmotor bezeichnet werden. Der Motor hat 100 mm Bohrung, 120 mm Hub, leistet bei 1600 Uml./min 45 PS und wiegt 108 kg.

Der Ausgleich der freien Massenkräfte ist nahezu vollständig, das übrigbleibende Kippmoment wird durch Gegengewichte an den äußeren Kurbelarmen fast ausgeglichen. Die Zündabstände betragen 120°, so daß das Drehmoment sehr gleichmäßig ist. Die beiden äußeren Kurbelarme sind außerdem als Schwungräder ausgebildet.

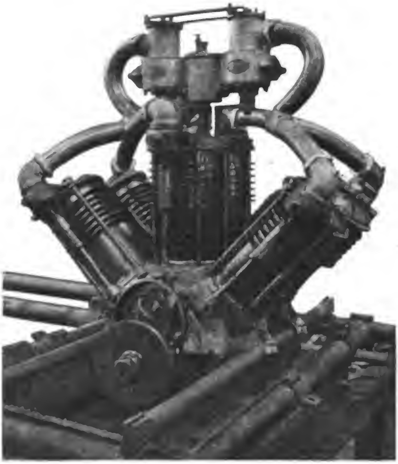


Fig. 82.
Sechszylinder-Anzani-Motor mit Luftkühlung.
Nach der A. A. Z.

Je drei Zylinder arbeiten auf einer Kurbel derartig, daß die drei Pleuelstangen die Kurbeln nebeneinander umfassen. Die nach Wunsch mit Wasser oder mit Luft gekühlten Zylinder sind paarweise zusammengegossen. Die Ventile sind für jeden Zylinder auf einer Seite angeordnet, das Saugventil ist selbsttätig, nur das Auspuffventil wird von unten gesteuert. Die Motoren werden mit Wasserkühlung oder Luftkühlung gebaut. Die Zylinder mit Luftkühlung haben

im unteren Totpunkt Auspufföffnungen zur schnellen Abführung der heißen Gase.

Der Antrieb der Auspuffventile ist eine vervielfachte Steuerung des Einzylindermotors; an jedem Motorende sind drei kurze Steuerwellen angeordnet, die durch je ein Zahnrad mit dem kleinen Zahnrad auf der Kurbelwelle in Eingriff stehen. Die Betätigung der Steuerzahnräder für

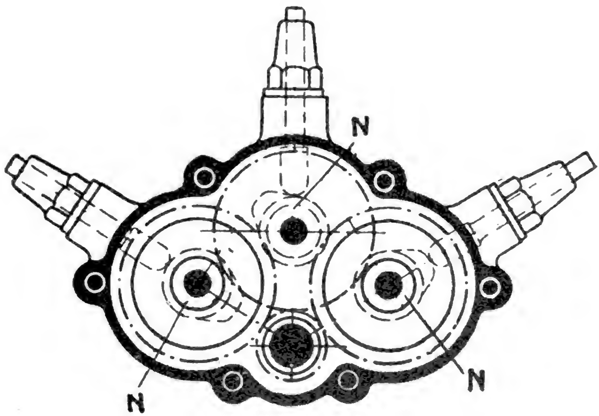


Fig. 83.
Steuerung des Anzani-Motors.
N Nockenwellen.

die Auspuffventile ist in der Zeichnung noch besonders dargestellt (Fig. 83).

Das Kurbelgehäuse aus Aluminium ist eine Trommel mit zwei seitlichen Deckeln, die die Gleitlager für die Kurbelwelle sowie das Steuergetriebe einschließen. Der Motor wird von der Hand angedreht.

Die Kolben aus Gußeisen sind mit je zwei Kolbenringen versehen und um Gewicht zu sparen sehr kurz, was wegen des schnellen Verschleißes nicht günstig ist.

Der dreizylindrige Motor 100×120 mm leistet 20 PS bei 1600 Touren. Er wiegt 65 kg einschließlich der Schwungscheiben, die ca. 24 kg wiegen.

Dreizylindriger Motor 135×150 mm, 40—50 PS bei 1400 Touren, Gewicht 100 kg einschließlich der 36 kg schweren Schwungscheiben. Diese Type ist der begehrteste Motor für Flugmaschinen, und ein solcher war in Blériots Monoplan bei seinem Flug über den Kanal eingebaut. Die Motoren mit Luftkühlung erhalten auf Wunsch Ventilatoren. Es wird jedoch ohne Ventilator vollständige Kühlung garantiert, sobald die Fluggeschwindigkeit größer als 12 m pro Sekunde ist, da sich dann die Maschine in einem genügend starken Luftstrom befindet. Indessen können diese Motoren auch mit Wasserkühlung geliefert werden, wodurch sich ihr Gewicht um etwa 25 kg, den Kühler mit Wasser, erhöht (Fig. 91).

Flugmotor von Schneeweiß.

Außer dem bereits beschriebenen Luftschiffmotor mit stehendem Zylinder baut Schneeweiß auch einen Flugmotor mit zwei oder vier liegenden Zylindern, ähnlich den Motoren von Dutheil & Chalmers mit Luftkühlung. Beide Ventile sind jedoch gesteuert und nebeneinander im Zylinderdeckel angeordnet. Die Steuerwelle liegt über der Kurbelwelle und darüber der Magnetapparat. Jeder Zylinder ist am Ansaugrohr mit einem Vergaser ohne Schwimmer versehen. Bei den Motoren mit Luftkühlung sind Zylinder und Deckel geteilt, die Kühlrippen auf dem Deckel sind im Winkel angeordnet, um ein Versperren des Deckels durch die Befestigungsbolzen zu verhindern (Fig. 84a).

Der kleine Zweizylindermotor leistet bei 90 mm Bohrung und 100 mm Hub 10 PS, der größere Motor bei 125 mm Bohrung und 120 mm Hub 20 PS. Der gleiche Vierzylinder 45 PS.

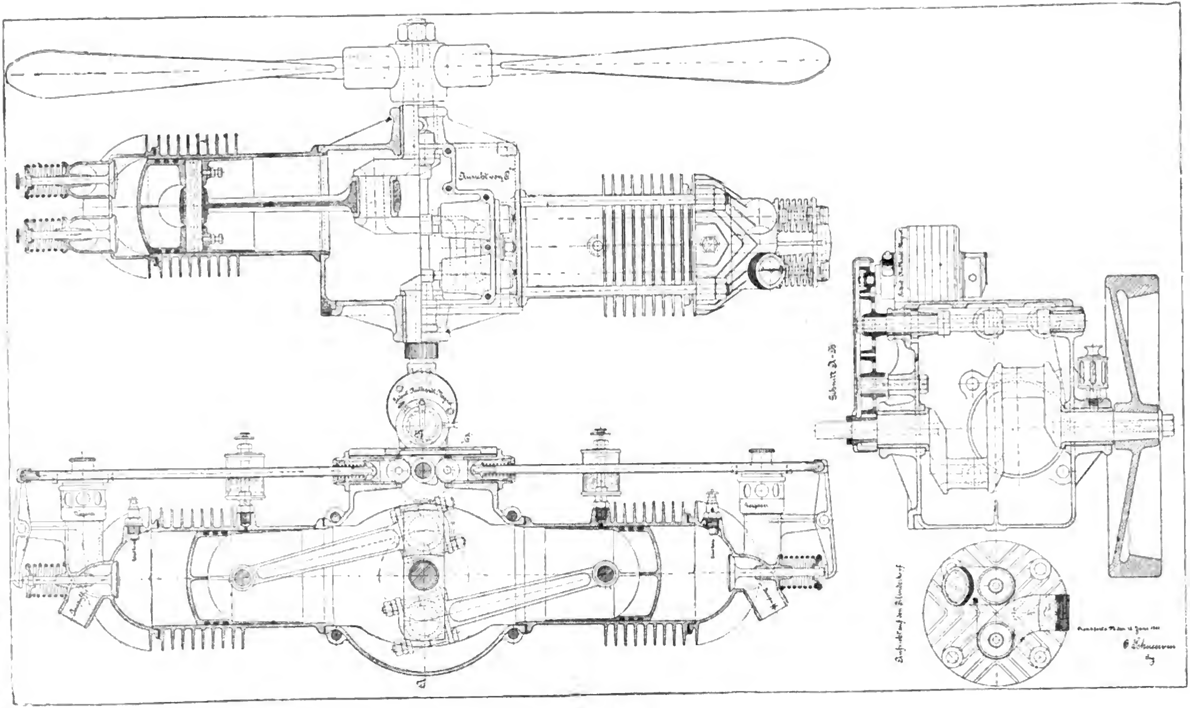


Fig. 84 a.
Flugmotor System Schneeweiß 125/120 mm, 20 PS.

Motor für Flugapparate von Esnault-Pelterie.

Viele Konstrukteure von modernen Flugmotoren steuern Ein- und Auslaß mit nur einem Ventil, indem dasselbe mit einem Rundschieber verbunden ist, der die Kanäle für den Auspuff und die frischen Gase öffnet und schließt. Diese zuerst vom Verfasser für Automobilmotoren angegebene Konstruktion hat folgende Vorteile: Das Ventil wird durch das frische Gasgemisch gekühlt, ein Verbrennen des Auspuffventils ist daher ausgeschlossen, ebenso also ein Verziehen desselben und ein gutes Dichthalten gewährleistet. Die Form des Zylinders wird sehr einfach, daher kann derselbe allseitig bearbeitet werden und es kann Stahl für denselben verwendet werden. Die einfache Form und die beiderseitige Bearbeitung ermöglicht eine erhebliche Gewichtsersparnis. Es kann auch an Konstruktionsteilen gespart werden, indem ein Gestänge Ein- und Auslaß steuert. Hierdurch kann ebenfalls etwas Gewicht gespart werden. Der bei manchen Ausführungen vorhandene Nachteil, daß beim Wechsel einen Moment der Einlaß- und Auslaßkanal offen stehen, läßt sich durch geeignete Konstruktionen beseitigen. Diesen Mangel hat noch die Ausführung von Esnault-Pelterie, der als erster dieses Ventil mit Rundschieber bei Motoren für Flugapparate angewandt hat. Die Konstruktionen von Farcot in Paris und Palous & Beuse in Berlin weisen diesen Mangel nicht auf, ebenso nicht die neue Konstruktion des Verfassers, der zuerst vor ca. 10 Jahren diese Verbindung von Ventil und Schieber für Motoren angegeben hat.

Während die Motoren für Flugapparate von Levavasseur, Renault usw. aus Automobil- und Bootsmotoren hervorgegangen waren, ist der Motor von Esnault-Pelterie von Haus aus als Flugmaschinenmotor konstruiert worden. Esnault-Pelterie suchte vor allem die Kraftimpulse, d. h. die Explosionen auf die Umdrehungen gleichmäßig zu verteilen. Dies wird erreicht bei gleichmäßiger Verteilung der Zylinder rings um die Kurbelwelle (Stern-Motor). Aber in der

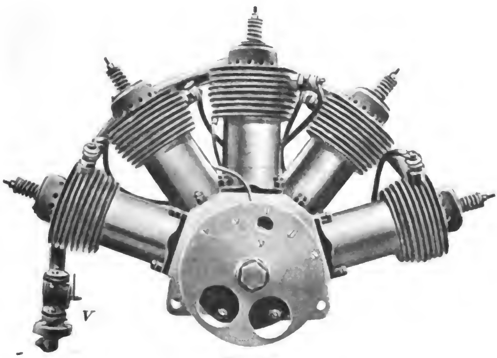


Fig. 84.
Flugmotor von Esnault-Pelterie mit 5 Zylindern.

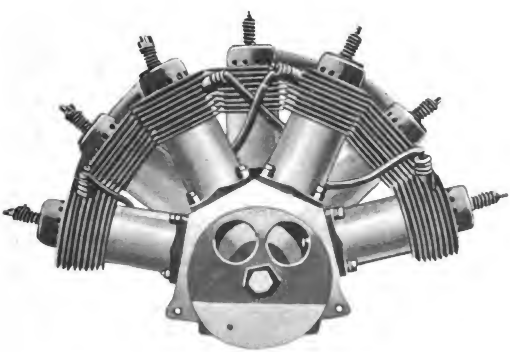


Fig. 85.
Flugmotor von Esnault-Pelterie mit 7 Zylindern.

Praxis läßt sich dies nur bei vertikaler Motorwelle ausführen, denn die untenliegenden Zylinder würden bei horizontaler Welle zuviel Öl bekommen und daher leicht versagen. Der Flugmotor von Esnault-Pelterie, der wegen seiner Zylinderanordnung in der letzten Zeit das größte Interesse erweckt hat,

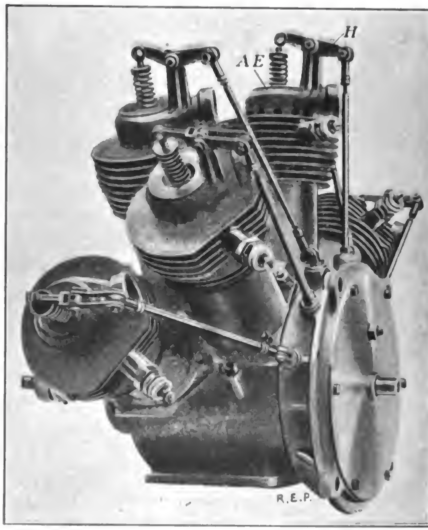


Fig. 86.
Esnault-Pelterie-Motor von der Seite gesehen.

kann als geklappter Sternmotor bezeichnet werden, der mit fünf oder sieben Zylindern ausgeführt wird. Esnault-Pelterie ordnet daher bei seinem Motor mit sieben Zylindern, wie die Zeichnung ersehen läßt, die Zylinder in zwei Reihen an, und zwar in der ersten Reihe vier, in der zweiten drei Zylinder. Von vorn gesehen sind dann diese sieben Zylinder wie die Blätter eines Fächers gruppiert. Die Kolben resp. Pleuel jeder Reihe greifen an einer gemeinsamen Kurbel an, die

Welle ist daher für den Motor mit sieben Zylindern nur doppelt gekröpft, während die Welle beim Achtzylinder-Antoinette- oder Renault-Motor vierfach gekröpft sein muß. Dadurch, daß die Zylinder in ungerader Anzahl vorhanden

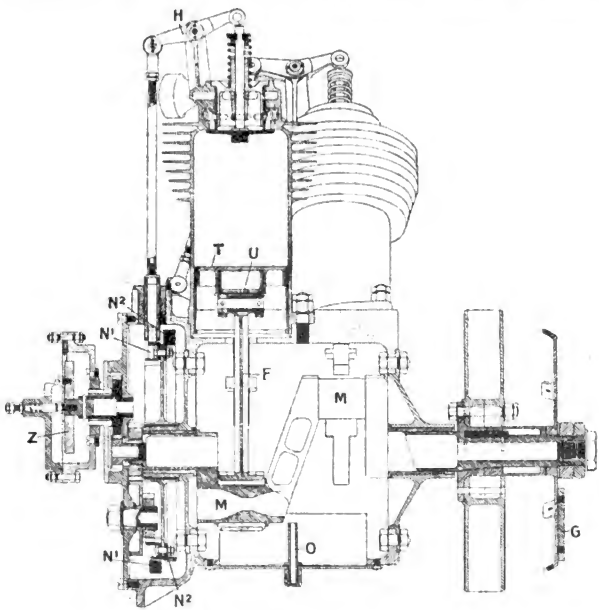


Fig. 87.
Längsschnitt durch den Esnault-Pelterie-Motor.
H Steuerhebel, *M* Kurbelwelle, *F* Pleuelstange, *G* Kontregewicht, N^1 N^2 Steuerschieber, *T* Kolben, *U* Zapfenlager, *O* Ölrohr, *Z* Zündkontakt.

sind, wird erreicht, daß die sieben Explosionen sich gleichmäßig auf zwei Umdrehungen verteilen, d. h. daß die Welle von einer Explosion zur andern sich in dem gleichen Winkel (nicht ganz 103°) weiterdreht. Die Reihenfolge der Explosionen ist die folgende: erste Explosion im ersten Zylin-

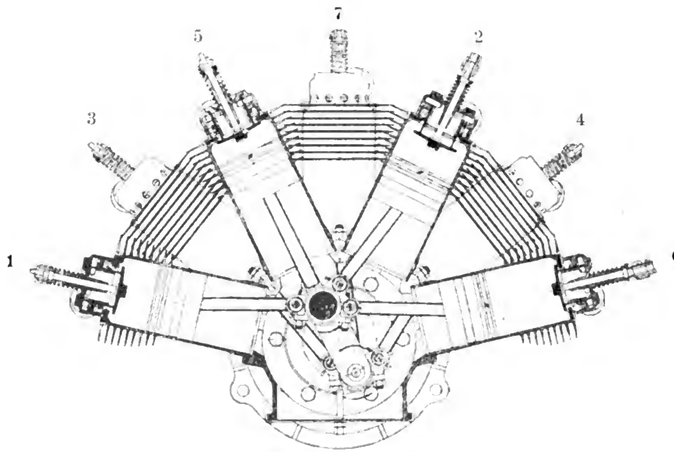


Fig. 88.
Querschnitt durch den Esnault-Pelterie-Motor.
1 bis 7 Reihenfolge der Zündwege.

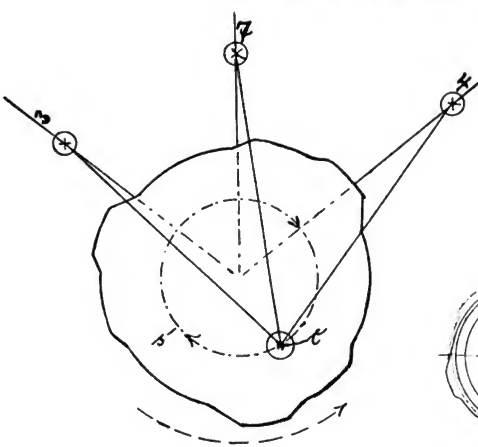


Fig. 89.
Schematische Zeichnung der Nockenscheibe einer Zylinderseite des Esnault-Pelterie-Motors.
s Kurbelkreis, *c* Kurbelzapfen für Zylinder 3, 4 und 7.

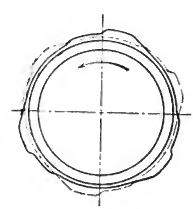


Fig. 89a.
Zeichnung der Nockenscheibe für beide Zylinderseiten, für die zweite Reihe punktiert gezeichnet.

der (links der Zeichnung Fig. 88), zweite Explosion im dritten Zylinder der ersten Reihe, dritte im ersten Zylinder der zweiten Reihe, vierte im dritten Zylinder der zweiten Reihe, fünfte Explosion im zweiten Zylinder der ersten Reihe, sechste im vierten der ersten Reihe und siebente im zweiten der zweiten Reihe (vertikal stehender Zylinder). Darauf würde wieder das Gemisch im Zylinder 1 explodieren, und der Motor hat genau zwei Umdrehungen gemacht.

Der Ausgleich der freien Massenkräfte ist bei den Motoren gut und wäre bei unendlichen Stangenlängen vollkommen. Die wegen der Endlichkeit der Stangenlängen verbleibenden Kräfte setzen sich zu einer Mittelkraft zusammen, die während einer Umdrehung ihre Größe verändert und entgegengesetzt zur Kurbel umläuft. Die Höchstwerte dieser Mittelkraft sind annähernd wagerecht und kleiner als die Hälfte der größten freien Kraft eines gewöhnlichen Vierzylindermotors gleicher Leistung. Sie werden zum Teil dadurch ausgeglichen, daß ein Kurbelzapfen der im übrigen hohlen Kurbelwelle nicht ausgebohrt und so etwas schwerer ist. Außerdem ist außen auf der Motorwelle ein kleines Kontergewicht aufgesetzt.

Trotz der sieben Zylinder ist die Steuerung für die Ventile sehr einfach und äußerst geistreich erdacht. Sämtliche Zylinder werden durch eine Kurvenscheibe gesteuert, diese muß im umgekehrten Drehsinne als die Kurbelwelle rotieren, und zwar im Verhältnis von 7 minus 1, d. h. die Kurbelwelle macht sechs Touren, wenn die Steuerscheibe eine macht. Dann sind auf der Steuerscheibe 6 minus 1 durch zwei Steuernocken notwendig. Das wären drei, aber da die Zylinder nicht im Kreise in einer Reihe angeordnet sind, sondern in zwei Reihen, so ist für die zweite Zylinderreihe nochmals eine hinter der ersten liegende Reihe von drei Nocken erforderlich, die zur ersten Reihe wie die beiden Kurbelzapfen um 180° versetzt sein muß. In der Zeichnung Fig. 87 ist dies sehr gut zu sehen, da die Steuerscheibe durch die gegenüber liegenden Nocken der beiden Nockenreihen geschnitten ist. Infolge der der Motorwelle entgegengerich-

teten Drehrichtung der Steuerscheibe treffen dann die Nocken die vor den Zylindern ebenfalls in zwei Reihen angeordneten Ventilstangen in der oben angegebenen Reihenfolge der Explosionen.

Der Ein- und Auslaß wird durch dasselbe Ventil gesteuert, in der zuerst vom Verfasser angegebenen Weise, indem mit dem Ventil ein Rundschieber verbunden ist (Fig. 90), und das Ventil in zwei Stufen bewegt wird. In der ersten Stufe (Stellung des Ventils im ersten Zylinder links der Fig. 88) wird der Zylinder geöffnet, durch den mit dem Ventil verbundenen Schieber wird der Saugkanal noch geschlossen, der Auspuffkanal ist offen. Am Ende der Auspuffperiode wird durch einen Ansatz des Steuernockens das Ventil noch weiter gehoben, wobei durch den mitbewegten Schieber der Auspuffkanal geschlossen und dafür der Saugkanal geöffnet wird.

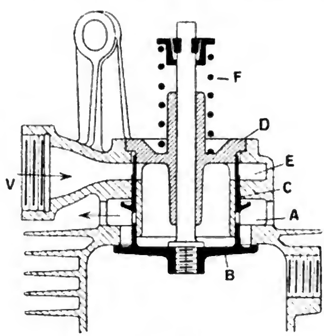


Fig. 90.
Kombiniertes Ventil von Esnault-Pelterie, Stellung 1, geschlossen.
_A_ Auspuffkanal, _B_ Ventilsteuer mit _C_ Kolbenschieber, _D_ Ventilführung, _E_ Einlaßkanal _F_ Ventilfeder, _V_ Vergaseranschluß.

Zur Erläuterung des Vorganges beim Motor von Esnault-Pelterie ist in der vorstehenden Zeichnung (Fig. 89) die Kurvenscheibe für die zweite Reihe von drei Zylindern (Nr. 3, 7 und 4 der Zeichnung, Fig. 88) dargestellt. Der Kurbelkreis der in entgegengesetztem Sinne wie die Steuerscheibe rotierenden Welle ist punktiert gezeichnet, die Pleuelstangen sind durch je einen Strich markiert. Zylinder 3 hat seinen unteren (inneren) Totpunkt überschritten, für diesen Zylinder beginnt die Kompressionsperiode; Zylinder 7 steht kurz vor dem unteren Totpunkt, die Auspuffperiode

beginnt; Zylinder 4 steht etwas über der Mitte seiner Saugperiode, die bei s beendet ist. Die drei Nocken für die erste Zylinderreihe sind gegen die gezeichneten um 180⁰ versetzt (Fig. 89a).

Der Zweck oben beschriebener Ventilkonstruktion ist, einmal nur eine Abdichtungsfläche zu haben, zweitens wird das Ventil niemals zu heiß, denn die frischen Gase kühlen das durch die Explosion und die Auspuffgase erhitzte Ventil wieder ab. Ein Verziehen oder gar Verbrennen des Ventils und dadurch hervorgerufenes Undichthalten ist vermieden. Namentlich für Motoren ohne Wasserkühlung, wie der Esnault-Pelterie- und andere Motoren für Flugapparate, ist dies von großer Wichtigkeit.

Eine Verbesserung wäre noch die Anordnung eines unteren Auspuffs um den Zylinder, wodurch die Abgase und damit die Wärme noch schneller abgeführt würden.

Eine nicht unbedenkliche Eigenschaft der Doppelventile von Esnault-Pelterie sowie aller der Doppelventile, bei welchen die beiden Steuerteile, Ventil und Schieber, starr miteinander verbunden sind, muß erwähnt werden. Sie besteht darin, daß während des Überganges vom Auspuff zum Saughub auf kurze Zeit Saugleitung und Auspuffleitung miteinander und mit dem Zylinderinnern in Verbindung gesetzt werden (Fig. 91 Stellung 3); ferner muß das Ventil, wenn es nach dem Saughub von der tiefsten in die höchste Stellung zurückgeht, die Auspuffstellung passieren, wobei frisches Gas ausströmen, oder Auspuffgase einströmen können, je nach dem Drucke im Zylinder (Fig. 91, 5 und 6). Aus diesem Grunde versucht Esnault-Pelterie jetzt eine andere Ventilanordnung, wobei dieser Mangel beseitigt ist.

Die Zündung des Motors erfolgt mittels Zündkerzen, für alle sieben Zylinder ist nur e i n e Induktionsspule vorhanden. Die Verteilung des hochgespannten Induktionsstromes erfolgt durch eine rotierende Ebonitscheibe mit einem Kontakt. Um diesen rotierenden Kontakt sind im Kreise mit gleichem

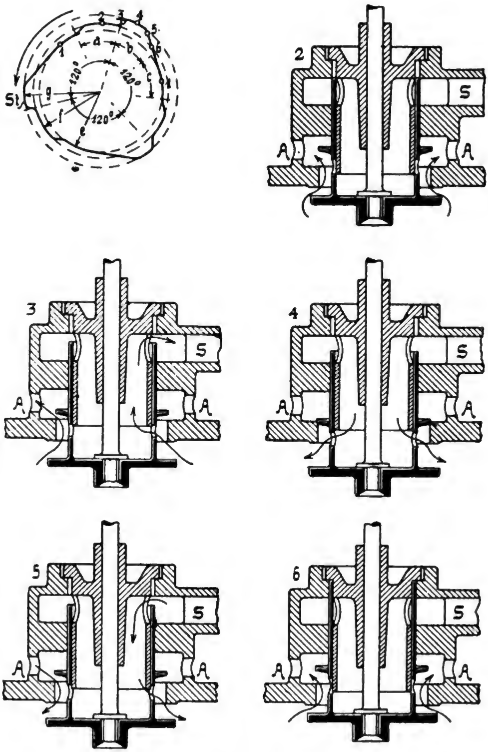


Fig. 91.
Stellungen der Ventile beim Esnault-Pelterie-Motor und entsprechende Stellung der Nockenteile.
Nach der „Z. d. V. D. J."

2 Auspuff, 3 Übergang zur Saugstellung, beide Kanäle *A* und *S* sind offen, 4 Saugstellung, 5 Übergang zum Schließen, beide Kanäle *A* und *S* sind verbunden, 6 kurz vor dem Schließen, Auspuffkanal *A* ist noch offen. Auf der Nockenscheibe entsprechen die gleichen Zahlen diesen Stellungen, Stellung 1 Fig. 90.

Abstand die zu den Zündkerzen führenden Kabel resp. ihre Kontakte angeordnet.

Bemerkenswert am Esnault-Pelterie-Motor ist noch die Befestigung der Pleuelstange im Kolben. Der hohle Zapfen, an welchen die Pleuelstange angelenkt ist, sitzt in einer Büchse, die in den Kolbenboden verschraubt und durch eine Gegenmutter gesichert ist. Hierdurch wird bezweckt, einmal den Kolben sehr leicht zu machen, da man ihn innen wie außen drehen kann, so daß der Kolben auch eine gleichmäßige Wandstärke erhält, und zweitens wird eine bessere Schmierung der Zapfen im Kolben erreicht, da das Öl direkt aus der Kurbelkammer auf die Enden der Zapfen spritzen kann. Durch diese Befestigung ist auch die Größe des Kompressionsraumes einstellbar, worauf zur Regulierung der Motoren Esnault-Pelterie einen großen Wert legt.

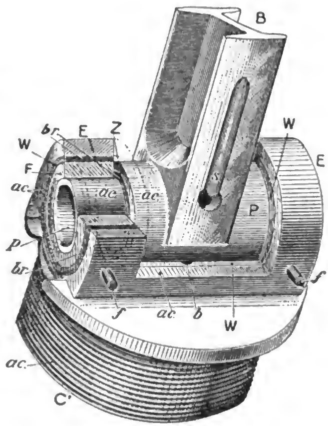


Fig. 92.
Lagerung des Pleuelstangenkopfes und des Kolbenbolzens in einem besonderen Lagerbutzen des Kolbens beim Esnault-Pelterie-Motor.
Nach „Omnia".
B Pleuelstange, *P* Zapfen drehbar im Trommelring *Z* der Pleuelstange und in dem Ringe *W* im Kolben.

Aus der Zeichnung Fig. 88 ist zu ersehen, daß nur eine Pleuelstange jeder Zylinderreihe direkt den Kurbelzapfen angreift, die übrigen Pleuel derselben Reihe sind mittels Zapfen an diesen Hauptpleuel angelenkt. Auch diese Zapfen sind durchbohrt, um Gewicht zu sparen, ebenso die Motorwelle. Aus gleichem Grunde sind die Hebel für die Ventile aus U-förmig gebogenem Stahlblech hergestellt. Die Lager sind verhältnismäßig viel breiter als an anderen Motoren für Flugapparate.

Bei sonst gleichstarker Herstellung der einzelnen Teile muß infolge seiner Zylinderanordnung der Motor von Esnault-Pelterie leichter werden, als die Motoren mit hintereinander oder V-förmig angeordneten Zylindern, denn die Kurbelwelle wird viel kürzer und dadurch leichter und ebenso das Kurbelgehäuse.

In umstehender Figur 92 ist die Lagerung der Pleuelstange im Kolben zu ersehen. Der Zapfen P ist nicht wie sonst üblich fest, sondern ebenfalls drehbar. Dieser Zapfen ist beiderseits mit gehärteten Büchsen F versehen, die sich in den Bronzebüchsen W drehen, also einmal dreht sich resp. schwingt der Pleuel mittels der Bronzebüchse Z auf den Zapfen P und dieser dreht sich langsamer in den Lägern W. Damit wird eine gleichmäßige Beanspruchung und Abnützung des Zapfens erreicht. Bei einseitiger Abnützung dieses Zapfens und der Büchse entsteht leicht Spiel zwischen Pleuel und Zapfen, was ein Klopfen des Motors verursacht. In der Zeichnung sind die Bronzeteile mit br, die Teile aus Stahl mit ac bezeichnet.

Esnault-Pelterie benutzt einen normalen, allerdings leichter ausgeführten Vergaser, der Auspuff geht durch Bohrungen im Ventilgehäuse direkt ins Freie.

Es sei noch erwähnt, daß Esnault-Pelterie an seinem Siebenzylindermotor zwei Vergaser montiert, von denen der eine die Zylinder 1, 3, 5 und 7 in der Zeichnung speist, der andere die Zylinder 2, 4, und 6. Bei den folgenden Explosionen wechseln sich also die beiden Vergaser ab. Esnault-Pelterie hatte gefunden, daß bei schneller Aufeinanderfolge der Explosionen die Gemischbildung gestört wird, daher die Anwendung von zwei Vergasern selbst bei einem Motor, bei dem es auf möglichste Gewichtsverminderung ankommt. Der Vergaser ist ein normaler Vergaser mit Schwimmer, und sehr leicht in Aluminium ausgeführt.

Das ganze Kurbelgehäuse wiegt nur 5 kg 250 g, die Kurbelwelle 2 kg 500 g, ein Kolben mit dem Zapfen für die Pleuelstange wiegt 600 g, die Pleuelstange 105 g. Der ganze

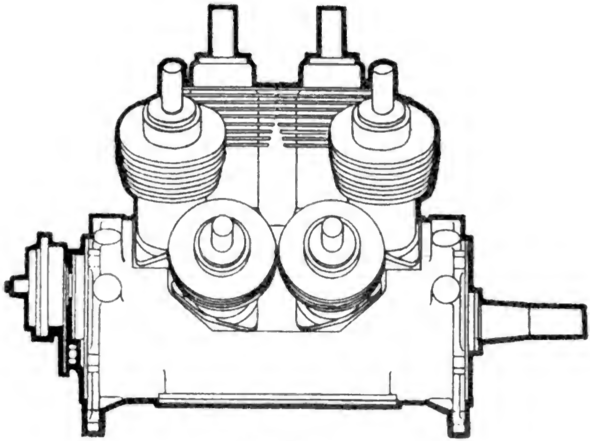


Fig. 93.
Motor mit 10 Zylindern von Esnault-Pelterie.

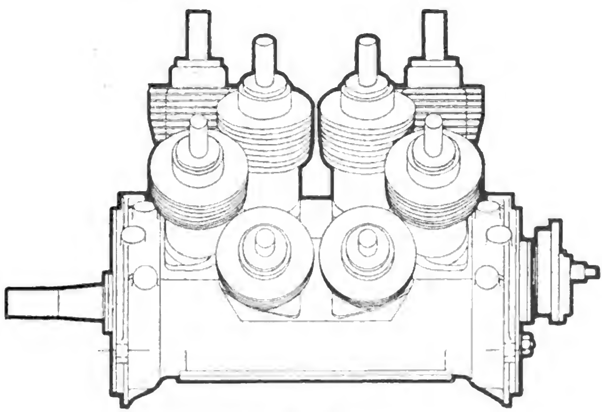


Fig. 94.
Motor mit 14 Zylindern von Esnault-Pelterie.

Motor, welcher 35 PS leistet, wiegt nur 47,5 kg, inklusive Vergaser, Rohren, Akkumulator, Zündspule und der Luftschraube beträgt das Gewicht 58 kg, das sind noch keine 2 kg per PS.

Die Zylinder haben 85 mm Durchmesser und 95 mm Hub. Bei 1500 Uml./Min. leistet der Siebenzylindermotor 30 bis 35 PS.

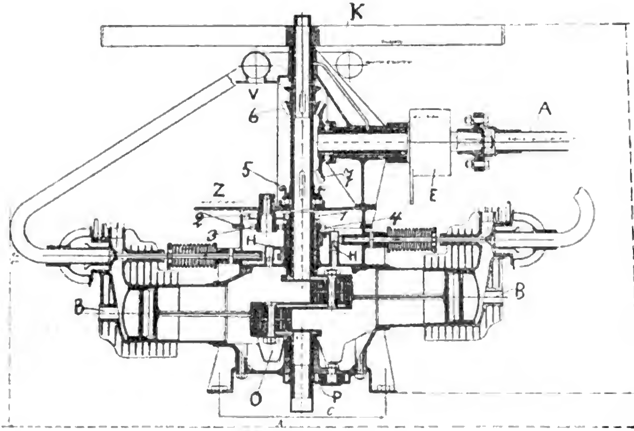
Außer dem vorbeschriebenen Motor mit sieben Zylindern baut Esnault-Pelterie noch einen Motor mit fünf Zylindern gleicher Größe, die ebenfalls in zwei Reihen zu 2 und 3 angeordnet sind und 25 PS leistet und die Verdoppelung dieser beiden Typen mit zehn und vierzehn Zylindern, die dann in vier Reihen angeordnet sind (Fig. 93 und 94). Diese Anordnung dürfte bezüglich der Kühlung weniger günstig sein, denn wie aus der umstehenden schematischen Zeichnung zu ersehen ist, decken sich immer zwei Zylinder. Der Zehnzylindermotor wiegt 75 kg und leistet 50 PS, der Vierzehnzylindermotor wiegt 100 kg bei 70 PS. Einen ähnlichen Motor mit 6 Zylindern baut Dr. Huth in Berlin.

Sternmotoren.

Flugmotoren von Farcot.

J. Ambroise Farcot, der seit langer Zeit an der Konstruktion eines Flugmotors arbeitet, hat mit seiner neuen Type eines Flugmotors sowohl hinsichtlich des geringen Gewichts wie der Ausbalancierung der Motoren bemerkenswerte Resultate erreicht.

Farcot baut außer den schon beschriebenen V-Motoren achtzylindrige Sternmotoren (Fig. 95 und 96), deren Zylinder in horizontalen Ebenen liegen. Die Kurbelwelle ist vertikal, und ihre Drehung muß erst durch ein Kegelräderpaar auf die horizontale Propellerwelle übertragen werden. Der Motor leistet nach Angabe des Fabrikanten 75 PS bei 1500 Touren. Die Bohrung beträgt 105 mm, der Hub 120 mm. Das Gewicht beträgt ca. 85 kg. Die 8 Zylinder sind gleichmäßig im Kreise verteilt, jedoch sind vier Zylinder in einer Ebene, und die dazwischenliegenden Zylinder in einer zu dieser parallelen Ebene, welche etwas gegen



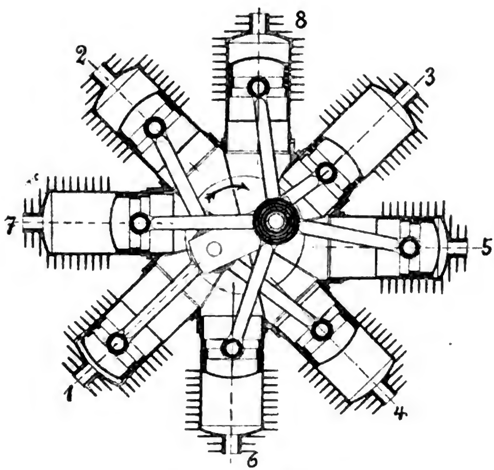


Fig. 95 und 96.

Flugmotor von Farcot mit 8 sternförmig angeordneten Zylindern.

Fig. 95: 1 Zahnrad auf der Motorwelle antreibend Zahnrad 2 das mit 3 auf gleicher Welle und Zahnrad 4 des Steuernockens antreibt. *H* Ventilhebel, 5 Zahnrad für Zündapparat *Z*, 6, 7 Zahnräder für Schraubenwelle *A*, *O* Ölschaufel an der Kurbelwelle, *P* Ölpumpe *B* Bohrung für Zündkerzen, *K* Kühlventilator.

Fig. 96: Die Zahlen geben die Reihenfolge der Zündungen an, der Abstand der Zündungen ist ungleich.

die erstere versetzt ist, angeordnet. Die Kurbelwelle ist demgemäß zweimal um 180 Grad gekröpft, und auf jeden

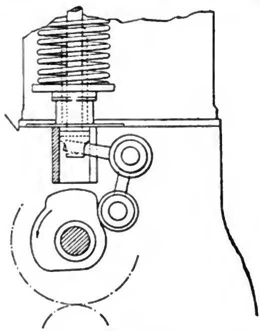
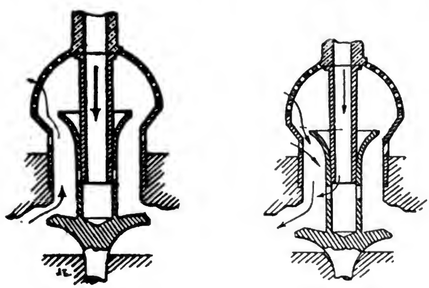


Fig. 97.
Nocke und Ventilhebel des Farcotmotors.

Kurbelzapfen wirken vier in einer Ebene liegende Zylinder. Die Ventilkammern liegen nach oben außen an den Zy-



Auspuffstellung. Saugstellung.

Fig. 98
Kombiniertes Ventil von Farcot.

lindern. Ein- und Auslaßventile sind zu einem Ventil vereinigt und zwangläufig gesteuert, und zwar beide durch einen einzigen Nocken, einen Hebel und eine Ventilspindel

mit Feder, die das Auslaßventil gegen seinen Sitz preßt (Fig. 97). Es trägt außerhalb des Zylinders einen rohrartigen Fortsatz, der mit Bohrungen versehen ist und auf dem Ansaugrohr gleitet, das ähnliche Öffnungen enthält. Mittels Hebel zieht der Nocken die Ventilspindel einwärts, das Ventil öffnet sich etwas, und die Auspuffgase gehen an dem Rohransatz entlang in die Ventilglocke und durch die Löcher nach außen in die freie Luft (Fig. 98). Nach beendetem Auspuff öffnet sich durch die folgende größere Stufe des Nockens das Ventil noch mehr, bis die Öffnungen im Rohransatz des Ventiltellers über das Ansaugrohrende gelangt sind. Durch diese Einlaßöffnungen saugt nun der Motor Gasgemisch aus dem Vergaser an. Während der Ansaugperiode sind die äußeren Auspufflöcher in der Glocke durch einen mit dem Ventilrohr verbundenen Ring abgedrosselt, damit nicht zu viel Luft angesaugt wird.

Ein schwerer Fehler der Farcotschen Konstruktion ist das verkehrte Ventil. Das Ventil hat nicht in der, der Kurbelwelle zugekehrten Wandung der Ventilkammer seinen Sitz, sondern in der von der Kurbelwelle abliegenden Wandung desselben. Deshalb muß Farcot die Ventilspindel durch den Verbrennungsraum hindurch nach dem Steuernocken führen. Dadurch ist es nun unmöglich, den Kompressionsraum dicht abzuschließen und eine richtige Kompression zu erreichen. Da beim Saugen zusätzliche Luft durch die Auspuffleitungen mit angesaugt wird, läßt Farcot aus dem Vergaser überreiches Gemisch ansaugen, welches sich erst durch die aus den Auspufföffnungen mitangesaugte Luft im richtigen Verhältnis verdünnt und mischt.

Um über die ungünstige Stellung des Ventils beim Übergang von der Auspuff- zur Saugperiode in möglichst kurzer Zeit hinwegzukommen, macht Farcot die Rampen zwischen den beiden Nocken sehr steil (Fig. 99). Bei zu steilen Nockenrampen hebt sich die Rolle infolge der Massenwirkung des Gestänges vom Nocken ab, durch das darauf folgende Aufschlagen der Rolle auf den Nocken wird

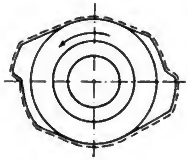


Fig. 99.
Nockenscheibe des Farcot-Motors für beide Zylinderseiten, die Nocken liegen in verschiedener Ebene.

der Nocken stark abgenutzt und verliert nach kurzer Betriebszeit seine richtige Form.

Der Mangel bei Anwendung von nur einem Ventil, daß beim Übergang gleichzeitig Saug- und Auspufföffnungen mit dem Zylinder in Verbindung stehen, läßt sich nur dadurch beseitigen, daß der Schieber nicht fest mit dem Ventil verbunden ist.

Es sei noch erwähnt, daß bei einem Achtzylinder-Sternmotor die Explosionen nicht gleichmäßig verteilt sein können, dagegen ist der Massenausgleich besser.

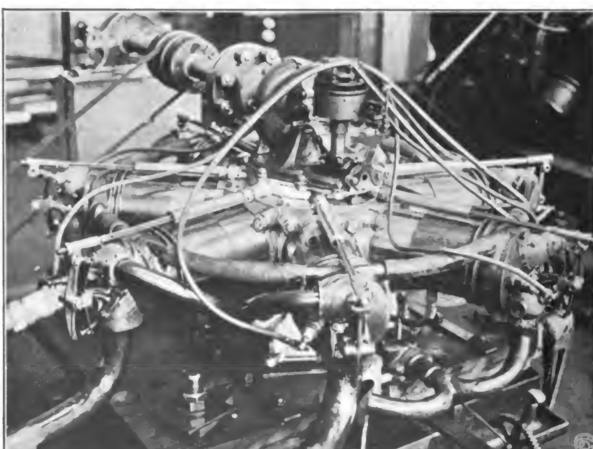


Fig. 100.
Flugmotor von Clément-Bayard.
Nach der „A. A. Z.“

Flugmotor von Clément-Bayard.

Die bekannte Firma Clément-Bayard hat für den Flugapparat von Tatin einen sternförmigen Motor mit sieben Zylindern konstruiert, dessen Zylinder ebenfalls horizontal liegen (Fig. 100). Die verlängerte Kurbelwelle trägt unter dem Kurbelgehäuse ein leichtes Schwungrad, dessen gyrostatische Wirkung zur Erhaltung der Stabilität des Fliegers beiträgt. Die Zylinder tragen Ein- und Auslaßventile getrennt im Zylinderkopf. Beide Ventile sind gesteuert. Die Anpressung der Ventile auf ihre Sitze erfolgt durch eine gemeinsame Blattfeder, die beide Ventile bedient. Die Betätigung der Ventile erfolgt durch eine Stoßstange und einen Kipphebel, die von einer Nockenscheibe betätigt werden. Zur Inbetriebsetzung des Motors dient eine Akkumulatorzündung, während zum Dauerbetrieb ein Hochspannungsmagnet den nötigen Strom liefert, der durch einen auf der Kurbelwelle sitzenden Verteiler den Zylindern zugeführt wird. Alle 7 Zylinder wirken auf *einen* Kurbelzapfen, der Abstand der Explosionen ist stets gleich, der Massenausgleich aber unvollkommen.

Motor für Luftschiffe und Flugapparate von Gobron.

Zu den Sternmotoren gehört auch der Motor von Gobron (Fig. 101). Es sind acht doppeltwirkende Zylinder, resp. vier Doppelzylinder im Kreuz an einem Kurbelgehäuse befestigt. Die acht Zylinder entsprechen sechzehn einfachwirkenden Zylindern. Alle acht Zylinder arbeiten auf einer gemeinsamen, viermal gekröpften Kurbelwelle, deren Kurbeln um 180 Grad versetzt sind. Der Massenausgleich ist vollkommen, daher arbeitet dieser Motor frei von Erschütterungen. Erreicht wird der gute Massenausgleich dadurch, daß wie beim Gobron-Automobilmotor in jeden Zylinder 2 gegenläufige Kolben wirken (Fig. 102).

Die Ansaugventile sind automatisch, während die Auspuffventile durch Kipphebel gesteuert werden. Derselbe

Hebel betätigt einmal das eine und beim andern Mal das andere Auspuffventil.

Die Betätigung der Ventilhebel findet nicht wie üblich

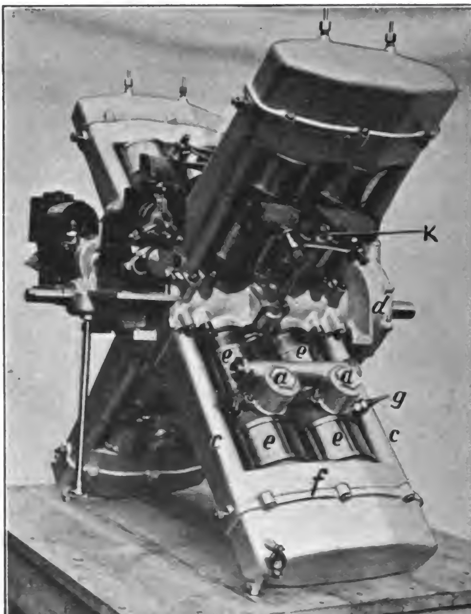


Fig. 101.
Luftschiff-Flugmotor von Gobron.
Nach der „A. A. Z."
a Saugventilkammer, *e* Zylinder, *K* Kipphebel für Auspuffventile, *f c* Gehäuse für die Verbindungs- und Schubstangen der äußeren Kolben, *g* Ölrohr, *d* Wasserpumpe.

durch eine besondere Nockenwelle statt, sondern es ist auf der Kurbelwelle in der Mitte eine Scheibe mit zwei Spiralnuten angebracht, in die an Hebeln befestigte Führungen eingreifen. Die Wellen der Hebel werden dadurch in schwingende Bewegung gesetzt und betätigen durch außen liegende

Kipphebel die Ventile. Die Zündung wird durch zwei Hochspannungsmagnete besorgt, die durch eine Querwelle und Schraubenradübersetzung angetrieben werden und je eine Seite der Maschine mit Strom versorgen. Die Zündkerzen sitzen dicht neben den Ansaugventilen. Auf der entgegengesetzten Seite der Kurbelwelle ist eine Wasserpumpe für die Kühlung angebracht. Die Ölung des Motors erfolgt durch eine besondere kleine Druckpumpe, die als Zahnradpumpe ausgebildet ist und das Öl an die verschiedenen Verbrauchsstellen drückt.

An die Saugleitungen sind zwei Vergaser, der bei den Gobron-Automobilmotoren üblichen Art, angeschlossen. Durch eine auf der Benzindüse gleitende Scheibe, die durch einen Hebel verstellt wird, kann die Luft reguliert werden. Der Gobron-Motor leistet ca. 75 PS bei 1150 Touren. Das Gewicht beträgt 160 kg inklusive Vergaser und Kühler, also betriebsfertig.

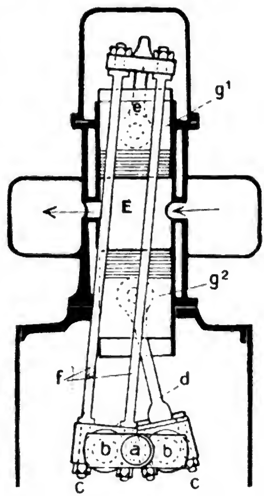


Fig. 102.
Schnitt durch einen Zylinder des Gobron-Motors.
E Explosionsraum des Zylinders, g^1 äußerer, g_2 innerer Kolben, *e*, *f* Verbindungs- und Schubstangen der 2 äußeren Kolben, *d* Pleuelstangen, *a* Motorwelle mit *b* Kurbelarmen.

Flugmotor von Schiske in Wien.

Der Schiske-Motor ist ebenfalls ein Sternmotor mit vier Zylindern, der sich wesentlich dadurch von anderen Motoren unterscheidet, daß die Pleuelstangen und Kurbelzapfen durch eine scherenartige Vorrichtung ersetzt sind, bestehend aus zwei gegenläufigen Daumenwellen statt der Kurbelwelle und im Kolben eingebauter Rollen statt der Pleuelstangen.

Fig. 103 und 104 stellen einen Viertaktmotor, System Schiske, in zwei zueinander senkrechten Schnitten dar.

Vier Zylinder, I, II, III, IV, sitzen um je 90 Grad zueinander versetzt und in einer Ebene um das gemeinschaftliche Gehäuse G. Die Kolben K 1, 2, 3, 4 tragen je zwei auf einem gemeinschaftlichen Bolzen dicht nebeneinander

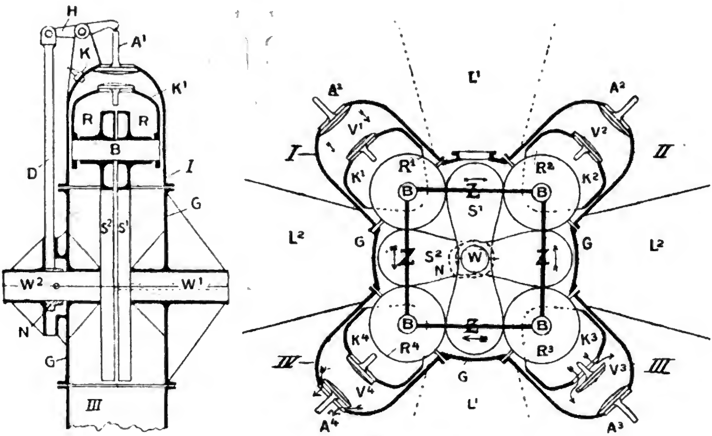


Fig. 103 und 104.

I bis *IV* Zylinder in der Reihenfolge der Zündung. *G* Gehäuse, W^1, W^2 Motorwellen mit Scheren S^1, S^2, K^1 bis K^4 Kolben mit Rollen R^1 bis R^4 auf Bolzen *B*, die durch Zugfedern *Z* miteinander verbunden, V^1 bis V^4 automatische Saugventile, A^1 bis A^4 gesteuerte Auspuffventile, *H* Ventilhebel, *D* Ventilstange, *N* Steuernocken. Nach der „A. A. Z.“

gelagerte Laufrollen, deren Laufflächen durch Vermittlung eines gelenkigen Zugbandsystems in stetem Kontakt mit den korrespondierenden Laufflächen der zwei kongruenten Daumenscheiben (Scherenarme S_1 und S_2) gehalten werden. Diese sind mit den dazu gehörigen Wellen (W_1, W_2) aus einem Stück gearbeitet, im Gehäuse gelagert und tragen außerhalb des Gehäuses je eine zweiflügelige Luftschraube (L_1 und L_2), von denen die eine rechtsgängig und die zweite

linksgängig sein muß, da die Wellen entgegengesetzte Drehrichtung haben.

In den Kolbenböden sitzen die Ansaugventile, in den Zylinderköpfen die Auspuffventile und die Zündkerzen. Nur die Auspuffventile werden gesteuert, und zwar mittels Kipphebel, dessen Druckstange von einem allen 4 Zylindern gemeinsamen Nocken betätigt wird. Dieser Nocken sitzt auf einer der Motorwellen, da sich der Viertakt beim Schiske-Motor in einer Tour vollzieht.

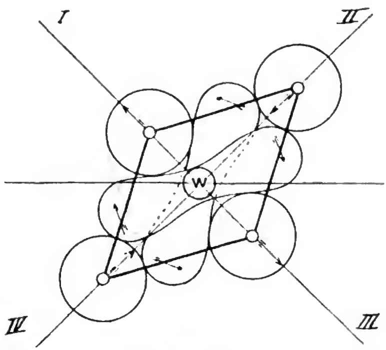


Fig. 105.
Stellung der Rollen kurz vor den Totpunkten.
(Schiske-Motor.)

Bei der in Fig. 104 gezeichneten Mittelstellung der Organe ist im Zylinder I Explosion. Dadurch wird dessen Kolben gegen die Welle bewegt und beide Laufrollen drücken nun, sich dabei auf den Laufflächen der Scherenarme (S_1 und S_2) abwälzend, diese in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung auseinander (Fig. 105), bis sie in die sich deckende Stellung (Totpunktlage) gelangen.

Schwungräder oder die als solche wirkenden Luftschrauben drehen die Wellen und Scherenarme über den Totpunkt, darauf öffnen sich die Scheren, die Drehrichtung beibehaltend, in gleicher Weise für den Arbeitshub des Zy-

linders II (Fig. 105). Nun erfolgt im Zylinder II die Explosion usw. Durch das Schließen der Scherenarme werden stets zwei gegenüberliegende Kolben nach außen bewegt, die Massen derselben gleichen sich also aus. Neben einer sehr

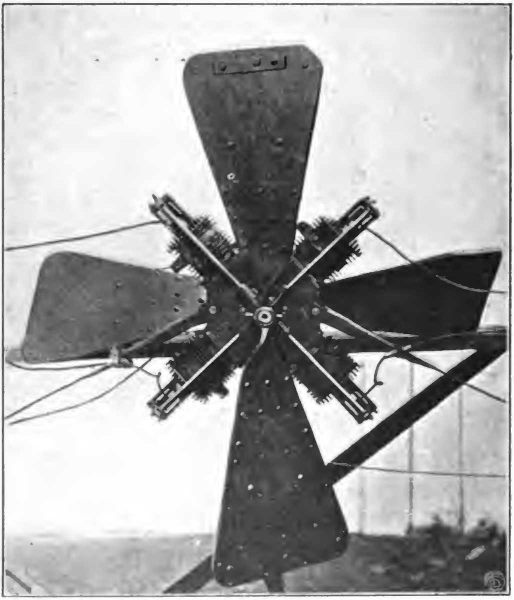


Fig. 106.
Ansicht des Schiske-Motors mit 2 Luftschrauben.

gedrungenen Bauart erreicht man dadurch, daß der Viertakt sich auf einer Umdrehung der Motorwelle vollzieht, d. h. daß dieselbe bei gleicher Kolbengeschwindigkeit nur die halbe Tourenzahl macht. Ferner ist der Lauf des Motors frei von Erschütterungen, da sich ein vollständiger Massenausgleich erreichen läßt. Durch die zwei in entgegengesetztem

Sinne rotierenden Motorwellen wird auch das Gegendrehmoment aufgehoben. Werden die beiden Wellen durch Zahnräder und eine Zwischenwelle miteinander verbunden, so wird auch der einseitige Druck des Kolbens gegen die Zylinder vermieden. Der Schiske-Motor dürfte sich für den Antrieb von zwei Schrauben eignen, vorausgesetzt, daß überhaupt der Scherenmechanismus so betriebssicher wie Pleuelstangen funktioniert.

Bisher ist der Schiske-Motor nur in *einer* Größe gebaut worden. Die Bohrung beträgt 80 mm, der Hub 70 mm, bei 900 Touren per Minute leistet der Motor 12 PS. Die Zündung erfolgt durch einen Magnetapparat.

Der Motor von Ellehammer

ist ein Fünfzylinder-Sternmotor, bei dem sämtliche Zylinder auf *einen* Kurbelzapfen wirken. Der Motor hat 92 mm Bohrung und 112 mm Hub. Bei 1400 Uml./Min. soll er 30 PS leisten. Das Drehmoment ist vollkommen gleichförmig, es zündet immer der zweite Zylinder, so daß nach zwei Umdrehungen in allen fünf Zylindern je eine Zündung stattgefunden hat, die Winkelabstände zwischen den 5 Arbeitsperioden sind demnach gleich.

Auch der Massenausgleich ist gut, da die Mittelkraft aller gleichzeitig auftretenden freien Kräfte nahezu unveränderlich ist und fast stets in der Kurbelrichtung liegt. Daher ist es möglich, durch ein Gewicht gegenüber dem Kurbelzapfen die schwingenden Massen nahezu ganz auszugleichen.

Die luftgekühlten Zylinder sind aus Gußeisen. Sie haben im Kreise angeordnete Auspufflöcher, welche von den Kolben im Totpunkt der innern Stellung freigelegt werden; ein Teil der Auspuffgase gelangt so unmittelbar ins Freie, wodurch die Wärme schneller abgekühlt wird, und die Auspuffventile geschont werden. Diese puffen, wie bei Flugmotoren üblich, direkt ins Freie aus.

Die Einlaßventile sind automatisch, nur die Auspuff-

ventile werden gesteuert, wozu für jeden Zylinder ein besonderes Zahnrad mit Nocken vorgesehen ist, ähnlich wie beim Anzani-Motor. Das Aluminium-Kurbelgehäuse ist senkrecht zum Wellenmittel geteilt und enthält fünf Öffnungen für die Zylinder. Die Kolben sind sehr kurz, um Gewicht zu sparen.

Neuartig ist die Befestigung der Zylinder mittels diagonaler Zugstangen an den Zylinderdeckeln. Die Pleuelstangen

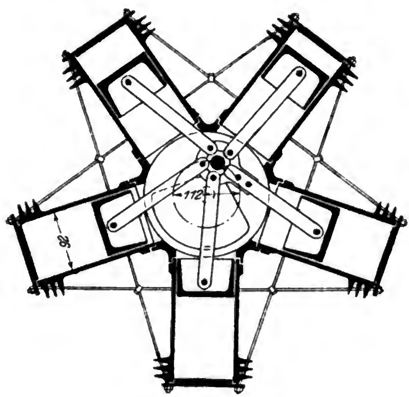


Fig. 107.
Flugmotor von Ellehammer.

wirken alle fünf auf e i n e n Kurbelzapfen, wobei ein Pleuel um den Zapfen greift, während die übrigen vier an den Bolzen am Umfang des Lagers dieser Pleuelstange angreifen. Da die Zapfen der vier letzteren Pleuel nur schwingen, so können die zulässigen Flächendrücke ihrer Augenlager höher, ihre Durchmesser also geringer angenommen werden, als am normalen Pleuel. Der Kopf der Hauptpleuelstange besteht aus zwei scheibenförmigen Hälften, zwischen denen der Schaft durch Bolzen befestigt ist, ähnlich wie beim Gnome- und Esnault-Pelterie-Motor.

Die Pleuel wirken auf eine einfach gekröpfte Kurbelwelle, deren zwei Teile durch den Kurbelzapfen miteinander verbunden werden. Die beiden Kurbelarme sind nach der andern Seite fortgesetzt und zu Gegengewichten ausgebildet, damit die Massen der Kolben und Pleuelstangen mit Kurbelzapfen ausgeglichen werden. Die Kurbelwelle läuft in zwei Gleitlagern.

Der Vergaser hat keinen Schwimmer. Das Benzin wird durch ein endloses Seil in die Mischkammer befördert.

Zur Zündung dient ein Bosch-Hochspannungs-Magnetdynamo.

4. Motoren mit rotierenden Zylindern.

Seitdem es eine Automobilindustrie gibt, ist versucht worden, direkt rotierende Motoren herzustellen. Die Vorteile eines derartigen Motors für Automobilzwecke, noch mehr aber für die Luftschiffahrt, liegen auf der Hand. Der Hauptvorteil ist der, daß ein Motor, bei welchem die Zylinder rotieren, ohne Wasserkühlung auskommen kann, namentlich wenn ein Ventilator mit der Motorwelle verbunden ist, so daß immer frische Luft gegen die rotierenden Zylinder geblasen wird. Ein weiterer Vorteil ist die Ausnutzung der Zylinder, welche den schwersten Teil des Motors darstellen, als Schwungmasse, so daß ein besonderes Schwungrad und damit das Gewicht desselben erspart wird.

Obwohl die ersten Motoren mit rotierenden Zylindern nicht zufriedenstellend funktionierten, versuchten die Konstrukteure immer wieder derartige Motoren zu bauen. Bei rotierenden Zylindern treten nämlich Schwierigkeiten auf, einmal die Zuführung des frischen Gasgemisches in die rotierenden Zylinder und das zweite Mal die Regulierung und Zündung. Eine dritte Schwierigkeit besteht noch in der Ölung, weil durch die Zentrifugalkraft das Öl zwischen Kolben und Zylinder nach dem Kompressionsraum geschleudert wird. Es muß also nur so viel Öl gegeben werden, als bei jeder Explosion verbrennt.

Nachdem die älteren Konstrukteure keine Erfolge mit ihren rotierenden Motoren gehabt haben, ist es im vorigen Jahre mehreren Konstrukteuren gelungen, einen rotierenden Motor in die Praxis einzuführen (M. Bucherer in Köln, Gebr. Burlat in Lyon, Société „Gnome" in Paris, Ajax in Zürich). Während die Motoren von Bucherer und Burlat zuerst für Automobilzwecke konstruiert wurden, bringen die Konstrukteure jetzt nach dem gleichen Prinzip Motoren für Flugapparate auf den Markt.

Rotierender Motor von Bucherer.

Ein Typ unter den luftgekühlten Motoren mit Rotation ist der nach den Patenten des Ingenieurs Bucherer gebaute Motor, bei dem sowohl Zylinder wie Kurbelwelle rotieren und der keine Pleuelstangen mehr aufzuweisen hat. In nachstehendem soll diese Konstruktion näher betrachtet werden, besonders aber im Hinblick auf seine Verwendbarkeit als Flugmotor. Der Bucherer-Motor wird normal als Vierzylindermotor mit sehr großem, teils mehr wie doppelt so großem Hube als bei den gewöhnlichen Motoren ausgeführt.

Dieser Hub kommt zustande durch Rotation sowohl der Zylinder als auch der Kurbel, während die ältere Konstruktion nur die Zylinder rotieren läßt und die Kurbel mit Kurbelwelle festgehalten wird; der Hub zerfällt in zwei gleiche Teile, und zwar geht die eine Hälfte des Hubes dadurch vor sich, daß sich wie bei allen Kurbelmaschinen der Kurbelzapfen von der einen Endstellung nach der um zweimal Kurbelradius R entfernteren zweiten Endstellung, und zwar speziell im vorliegenden Falle auf der Zylindermittellinie bewegt. Da nun Kurbelwellenmitte und Zylinderwellenmitte um den Betrag des Kurbelradius exzentrisch zueinander stehen, so nähert resp. entfernt sich der Kurbelzapfen und mit ihm die an diesem angreifende Kolbenstange mit Kolben den Zylinderböden des mit der offenen Seite einander zugekehrten Zylinderpaares. Der Kurbelzapfen macht also in

bezug auf die Zylindermittellinie auf dieser einen Weg von zusammen viermal Kurbelradius R. Dieser geradlinige Weg

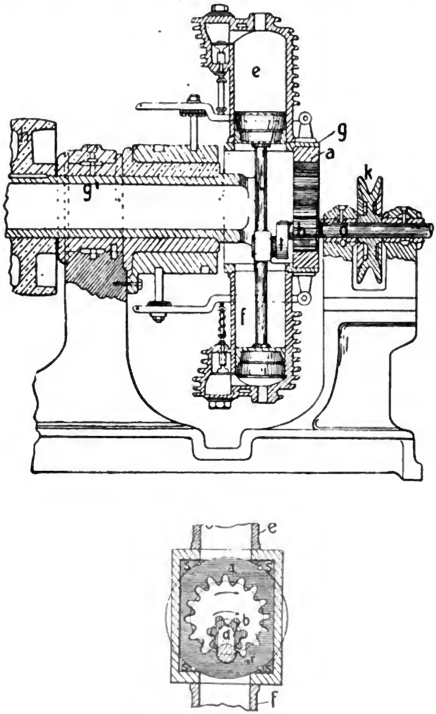


Fig. 108 und 108a.
Stationärer Zweizylinder-Motor von Bucherer.
e, f Zylinder, g Gehäuse mit Hohlwelle g^1, d Kurbelwelle mit Zahnrad b im Eingriff mit Innenzahnkranz a am Gehäuse g. (Epicycloiden-Getriebe.)

des Kurbelzapfens mit Kolbenstange und Kolben in der Zylindermittellinie würde bei ungleicher Rotation von Zylinder und Kolben resp. Kurbel Abweichungen hervorrufen

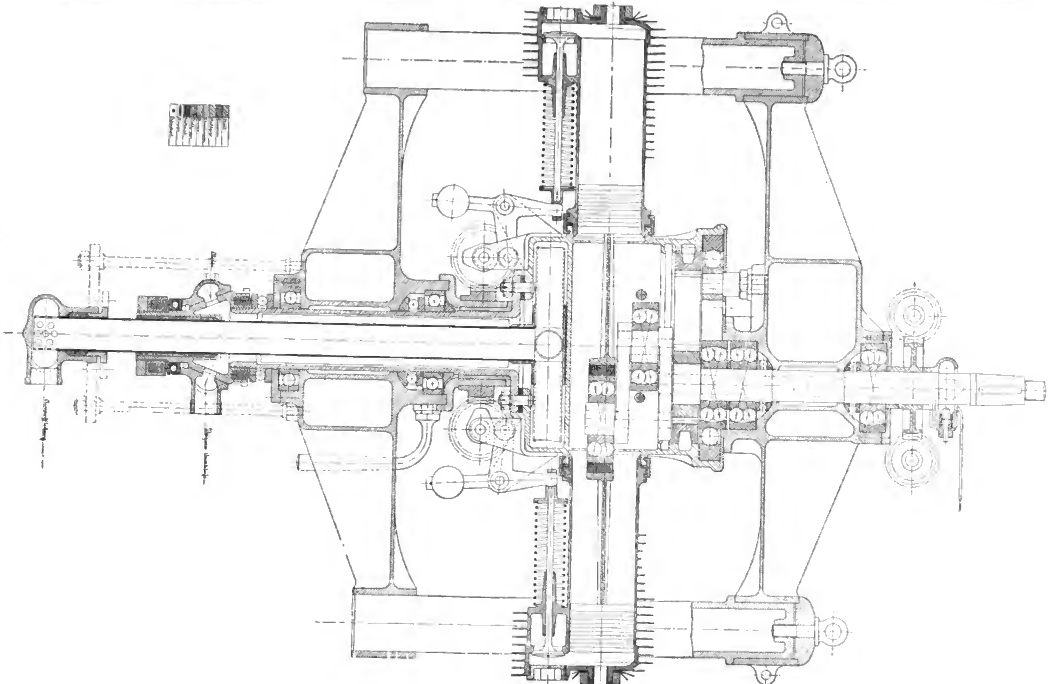


Fig. 109.
Schnitt durch den Flugmotor von Bucherer.

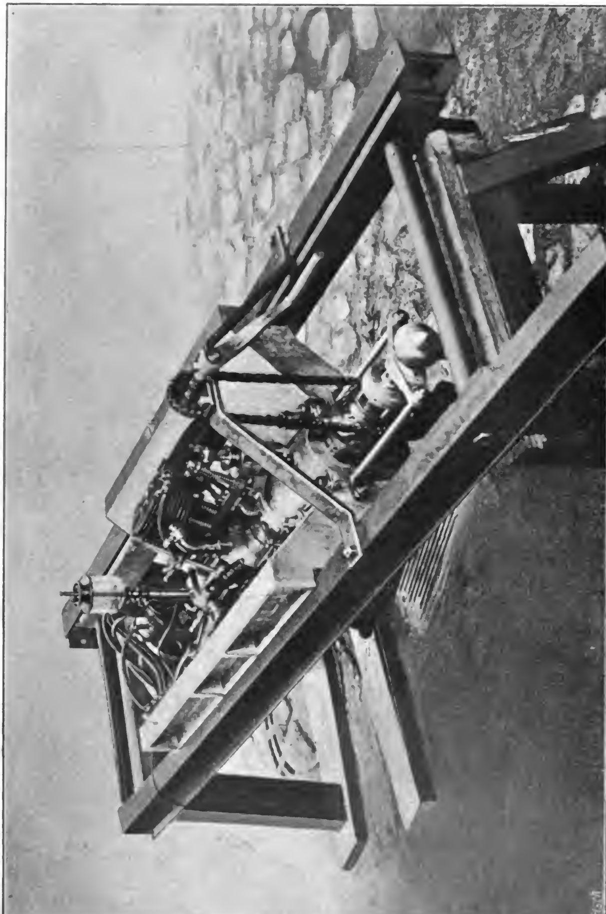


Fig. 110.
Rotierender Motor von Bucherer. Vergaserseite.

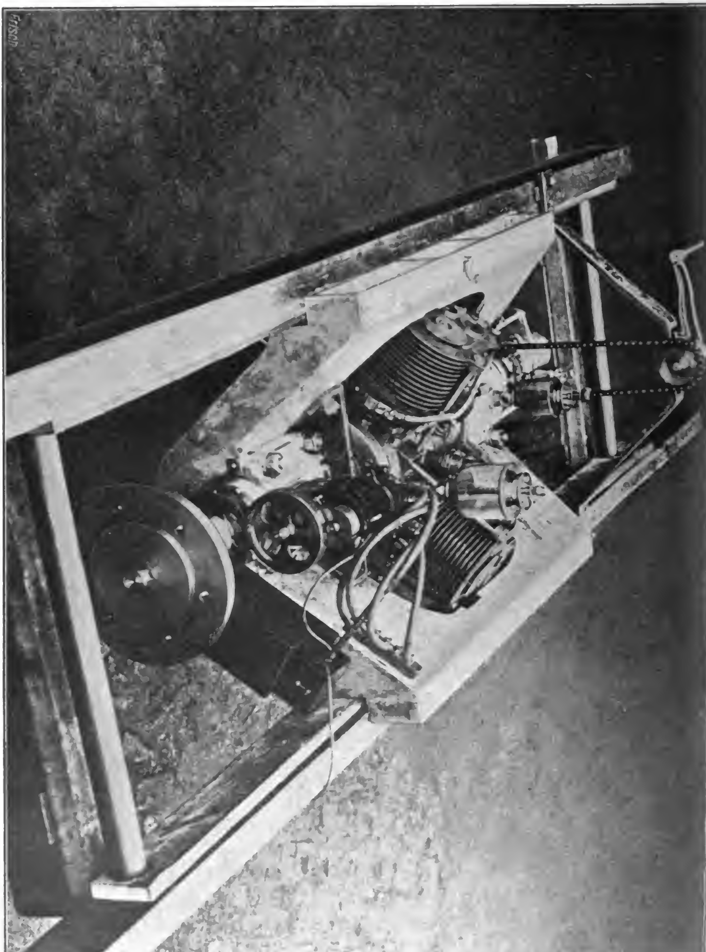


Fig. 111.
Rotierender Motor von Bucherer. Antriebseite

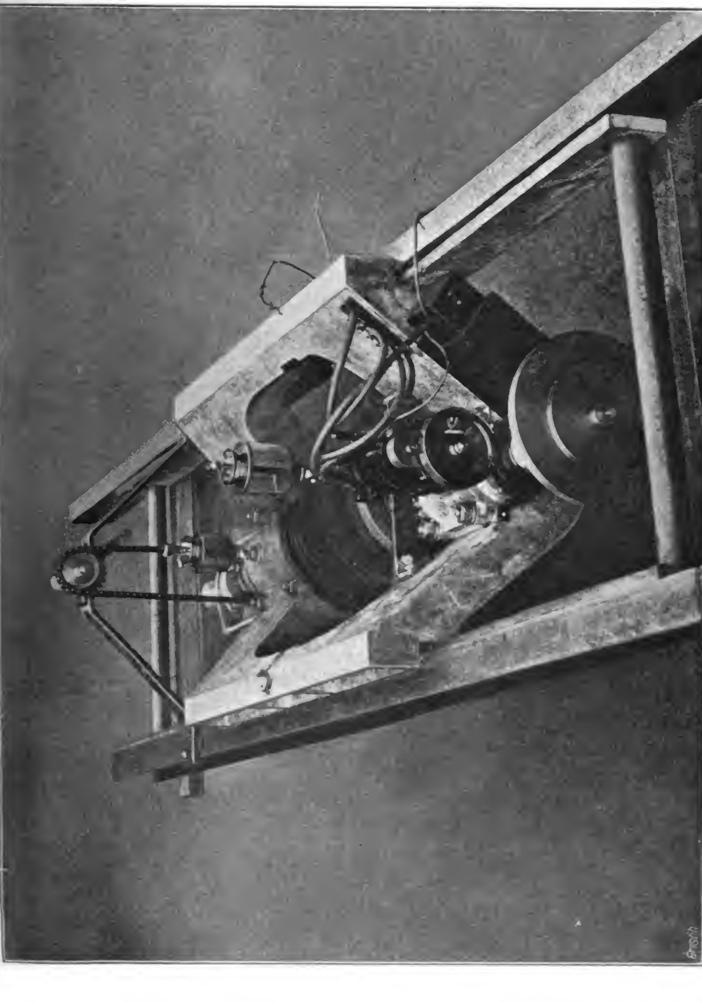


Fig. 112.

Bucherer-Motor in Rotation (der Motor steht frei bei ca. 800 Touren auf Bock, trotzdem ist die photographische Aufnahme ganz scharf, was den ruhigen Lauf ohne Erschütterungen beweist).

können, die sich in starkem Druck der Kolben gegen die Zylinderwandungen äußern würden. Um nun die Ungleichförmigkeiten der Rotationen von Kurbel und Zylinder, die stets sich im Verhältnisse von 2:1 drehen müssen, zu verhüten, den geradlinigen Weg des Kurbelzapfens also zu erzwingen, wurde ein Zahnrad auf der Kurbelwelle mit dem Durchmesser gleich 2 R und großem Innenzahnrad-Durchmesser gleich 4 R in dem mitrotierenden Zylindergehäuse angeordnet (Fig. 108 und 108 a). Der Kurbelzapfen-Mittelpunkt liegt auf dem Teilkreise des kleinen Zahnrades vom Durchmesser 2 R. Rotieren nun großes und kleines Zahnrad, so wandert jeder Punkt des kleinen Teilkreises nach seiner Berührung mit einem Punkte des großen Teilkreises auf dessen Durchmesser genau geradlinig bis zum gegenüberliegenden Ende des großen Teilkreisdurchmessers in dessen Teilkreise selbst und wieder zurück. Diese gerade Linie ist eine durch Wahl dieses Getriebsverhältnisses erzeugte geradlinige Epicycloide. Da nun der Kurbelzapfen ein solcher Punkt des kleinen Zahnradkreises ist, wandert derselbe bei Rotation des Systems stets auf demselben großen Teilkreisdurchmesser von 4 R, durch die Zahnräder genau geführt, hin und her (epicycloide Geradeführung). Sich mit diesem Teilkreisdurchmesser deckend sind die Zylinder, mit ihren Mittellinien die Verlängerung des Teilkreisdurchmessers bildend, angebracht; bei Vierzylindermotoren steht der zweite Zapfen gegen den ersten um 180° versetzt, während die Zylinder nur entsprechend um 90° gegen das andere Zylinderpaar versetzt stehen, sie bilden also zusammen ein Kreuz (Fig. 109).

Bei Rotation der Maschine laufen die Zylinder mit der halben Tourenzahl der Kurbelwelle mit Kolben, aber jede Maschinenhälfte rotiert für sich, obwohl die Kolben in den Zylindern stecken und dieselben außer an der Rotation der Kurbel auch noch an den Umdrehungen der Zylinder teilnehmen, wobei Lagerauge und Kurbelzapfen den Drehungsmittelpunkt für die gemeinschaftliche Kolbenstange mit ihren damit starr verbundenen Kolben bilden.

Aus vorstehendem geht also hervor, daß beide Maschinenhälften sich im Gleichgewicht bewegen und bei gleichen Gewichten der Kolben, der beiden Kolbenstangen sowie der Zylinder die Maschine fast ohne Massendrucke läuft, es treten statt dessen durch die Rotation der verschiedenen Teile fast nur Zentrifugalkräfte auf. Der Motor läuft vollständig stoß- und vibrationsfrei.

In bezug auf den Verschleiß ist hervorzuheben, daß hier statt acht Zapfen mit acht Lagern nur deren je zwei vorhanden sind, während bezüglich der Zylinder durch die genau geradlinigen Bewegungen der Kolben in den Zylinderachsen Seitendrucke zwischen Zylinder und Kolben ausgeschlossen sind. Treten nun keine Seitendrucke mehr auf, dann können die Kolben auch ganz kurz gehalten werden, was eine bessere Hubausnutzung in den Zylindern von 60 bis 80 % gegenüber dem bisherigen Hube ausmacht, während die Kolben so viel leichter ausfallen. Eine weitere sehr wünschenswerte Eigenschaft des Bucherer-Motors ist die, daß bei Rotation der Maschine die bei weitem größere Gewichtshälfte derselben als Schwungmasse wirkt, so daß einesteils das Schwungrad allein schon durch die rotierenden Zylinder ersetzt ist, während durch die, mit doppelter Tourenzahl rotierende Kurbelwelle 2000 bis 3000 Touren per Minute, wobei die Kurbelzapfen nur die Differenz beider, also nur 1000 bis 1500 Umdrehungen in Lagerauge der Kolbenstange macht, schon bei Anwendung einer ganz leichten Konuskupplung auf Kosten der hohen Umfangsgeschwindigkeit eine lebendige Kraft im Motor aufspeichert, wie sie in vollkommenster Weise nur durch Verkupplung mit dem fahrenden Automobil zu erreichen ist. Beispielsweise würde eine leichte Kupplung als Schwungscheibe von ca. 32 cm und 20 kg Gewicht bei 3000 Touren ca. 35 PS aufspeichern, dieselbe Scheibe bei nur 1500 Touren nur ca. 8½ PS oder umgekehrt müßte die Schwungscheibe ca. 80 kg schwer sein, um die gleiche lebendige Kraft bei 1500 Touren aufzuspeichern. Nimmt man die lebendige Kraft der maximal mit 1500 Touren

laufenden Zylinder mit ca. 18 PS an, so würde die gesamte lebendige Kraftaufspeicherung bei dem in den Abbildungen wiedergegebenen 60 PS-Luftschiffmotor 53 PS betragen, ein Vorteil, der nur bei Motoren mit rotierenden Zylindern zu erreichen ist, da ein Schwungrad wegen der Belastung an Flugmotoren nicht angebracht werden kann. Ein weiterer wesentlicher Punkt zur Bewertung eines Motors ist sein Brennstoffverbrauch, und da ist vor allem zwischen demjenigen des Probierstandes und dem seines dauernden anstrengenden Gebrauches im Luftfahrzeug zu unterscheiden. Ein Brennstoffverbrauch von 280 bis 300 g Benzin pro PS-Stunde in der Praxis, ist als recht günstig anzusehen.

Als Brennstoff ist bisher fast ausschließlich Benzin verwendet worden, weil Brennstoff von höherer Komprimierbarkeit wie Benzol eine hohe Kompression erfordert, die sich nur bei langhübigen Motoren erreichen läßt. Das Hubverhältnis, das bei den Fliegermotoren im Mittel nicht über 1,1 beträgt, das größte nur 1,33, müßte auf mindestens 1,8 gesetzt werden. Der hier abgebildete rotierende Motor hat ein Hubverhältnis von 2,5 zur Verwendung von Rapidin, eines Brennstoffes, der im wesentlichen durch Mischung von Petroleum und Benzol erzeugt wird und eine Komprimierbarkeit von 12 Atm. aushält. Sein Heizwert beträgt 14 000 W. E. Bei voller Tourenzahl von 1500 per Minute wird die Kompression beim Bucherer-Motor ca. 9 Atm. betragen, so daß nutzbare Arbeitsdrucke von ca. 40 Atm. entstehen. Außer mit Rapidin kann der Motor auch mit Benzin, Benzol oder Spiritus weiterbetrieben werden, ohne ihn erst abstellen zu müssen.

Die sicherste und bisher in ihrer Wirkung und ihrer großen Einfachheit einzig dastehende Luftkühlung ist die durch Rotation der Zylinder. Umfangreiche Versuche, die seinerzeit von der amerikanischen Firma „Adams-Farwell“ angestellt wurden, ergaben, daß bei fünfzylindrigen Rotationsmotoren der Zylinderdurchmesser bis 125 mm betragen darf, ohne daß bei forciertem Betriebe Kühlrippen an die Zylinder

angebracht zu werden brauchen oder ein Ventilator zu Hilfe genommen werden müßte. Daß außer der Abwesenheit jedweder Kühleinrichtung mit ihren möglichen Funktionsstörungen vor allem auch die Gewichtsersparnis durch Fortfall des Kühlers mit Ventilator und Pumpe und des Wassers bei Luftschiffen und Fliegern außerordentlich von Vorteil ist, erhellt schon daraus, daß der 100 PS-N.A.G.-Motor des Parsevalluftschiffes 75 kg als Kühlvorrichtung aufweist.

Die Schmierung von Rotationsmotoren ist schwieriger als bei gewöhnlichen Motoren. Beim Bucherer-Motor ist die Kolben- und Zylinderschmierung nicht so schwierig, wie bei anderen Rotationsmotoren; in bezug auf Kolben und Zylinder deshalb nicht, weil sie gegenseitig keine Wandungsdrucke erfahren, und bei den Lagern, weil sie sämtlich, einschließlich der beiden für die Kurbelzapfen, Kugellager resp. Doppelkugellager sind, die im Notfalle auch einige Zeit mal ohne Ölzufuhr laufen können. Trotzdem ist aber die Ölung des Motors eine sehr sorgfältige und absolut sichere, indem die Lager mit frischem kühlen Zylinderöl durch Tropföler geschmiert werden, das die Kurbelwellenlager und das große Zylinderlager passiert, sich alsdann in einem Ölfänger des Zylinderkurbelgehäuses sammelt und von dort durch kleine Ölkanäle infolge der Zentrifugalkraft in eine 2½ mm tiefe und 1½ mm breite eingedrehte Nute in der Zylinderwandung mündet, die das Öl gleichmäßig rings um den Kolben herum verteilt. Die Nute befindet sich an der Stelle, wo außen die Flansche sitzt. Die Schmierung der beiden Kurbelzapfenlager geschieht mittels sehr sinnreichem, von der Zentrifugalkraft in seiner Förderung abhängigem Plungerpümpchen, wobei die Ansaugung des Öles zwangsläufig geschieht, die Zuleitung des Öles geschieht durch Kanäle in der Kurbelwelle und Kurbelzapfen. Das von den Kurbelzapfenlagern abgeschleuderte überflüssige Öl gelangt direkt in die Zylinder und dient gleichfalls zur Schmierung derselben nur mit dem Unterschiede, daß diese Ölmenge sich ganz nach der Tourenzahl des Motors richtet.

Bei Rotationsmotoren mit gesteuerten Ein- und Auslaßventilen ist die Steuerung recht schwierig. Das, für den im Viertakt gesteuerten Motor verwendete Getriebe besteht aus einem großen feststehenden vielgängigen Schraubengewinderad, in das vier kleine Räder, die auf der Rückseite der Zylinder in kleinen mit dem Zylindergehäuse verbundenen und an der Rotation der Zylinder teilnehmende Rahmen drehbar gelagert sind, eingreifen. An den beiden Seiten der kleinen, nur eine halbe Umdrehung bei einer Umdrehung des Zylindergehäuses machenden Zahnrädern sind die Ein- und Auslaßnocken angebracht, gegen die mit Rollen versehene, dreiarmige Hebel anliegen, die im Schnittpunkte der Schenkel des T drehbar gelagert sind und deren Stege die Rollen tragen, während von den beiden andern Schenkeln der eine unter den Ventilschaft reicht, während der andere zur Ausbalancierung der Zentrilfugalkraft kleine Kontergewichte trägt. Die Gewichte der Auspuffhebel sind so gewählt, daß bei Überschreiten der Maximaltourenzahl um ca. 1000 bis 2000 Touren die Auspuffventile offen bleiben, um ein Durchgehen der Maschine automatisch zu verhindern.

Da das Getriebe entsprechend gewöhnlichen Schraubenrädern selbst nach starkem Verschleiße nicht klappern kann, Hebelwerk und Ventile unter der Einwirkung der Zentrifugalkraft keinen toten Gang mehr aufweisen, ist die Geräuschlosigkeit dieser Steuerung sowie auch ihr Verschleiß auf ein Minimum reduziert.

Der Bucherer-Rotationsmotor wird in Größen von 30 Pferdestärken bis zu 100 mit zwei, vier, sechs und acht Zylindern für Automobile, Motorboote, Luftschiffe und Flugmaschinen, sowie auch für industrielle Zwecke als Hilfsmotor gebaut.

Die normalen Type für Flugapparate leisten 30 und 50 PS.

Rotierender Motor von Burlat.

Auf gleichem Prinzip wie Bucherer bauen Gebr. Burlat in Lyon einen rotierenden Motor. Burlats rotierender Motor

für Flugapparate hat acht Zylinder, von denen je vier ein System bilden und gegeneinander um 90° versetzt sind. Von

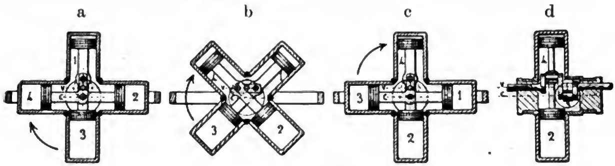


Fig. 113a bis d.
Bucherer- und Burlat-Motor bei verschiedenen Stellungen der Zylinder.

vorn gesehen sind die Zylinder kreuzförmig angeordnet und je zwei Zylinder decken sich. Die Zylinder bestehen aus

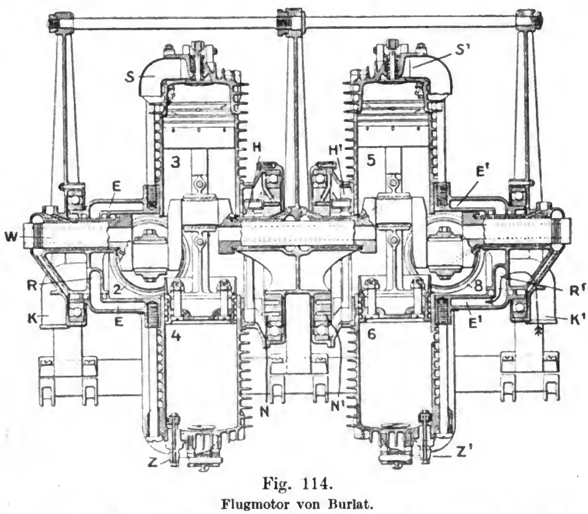


Fig. 114.
Flugmotor von Burlat.
1 bis 8 Zylinder (Zylinder 1 und 7 sind abgeschnitten), *W* Kurbelwelle, *E*, *E*' Einlaßkanäle, *S* Saugventile, *R* Ringkanal am Gehäuse, *K* Vergaseranschluß, *H*, *H*' Steuerhebel, *Z* Zündkerzen.

Gußeisen mit angegossenen Kühlrippen und sind mit je drei bis zum Ventilkopf durchgehenden Bolzen auf einem Alu-

miniumgehäuse befestigt, welches Gehäuse ebenfalls an der Rotation teilnimmt. Für je vier Zylinder ist ein Gehäuse vorhanden, das mittels zweier Kugellager auf einer von Tragarmen gehaltenen Hülse drehbar ist. In dieser Hülse ist exzentrisch zu den Lagern des Gehäuses die Kurbelwelle gelagert, und zwar ist der Abstand von Mitte Kurbelwelle bis Mitte Lagerhülse für die Gehäuse des Motors gleich

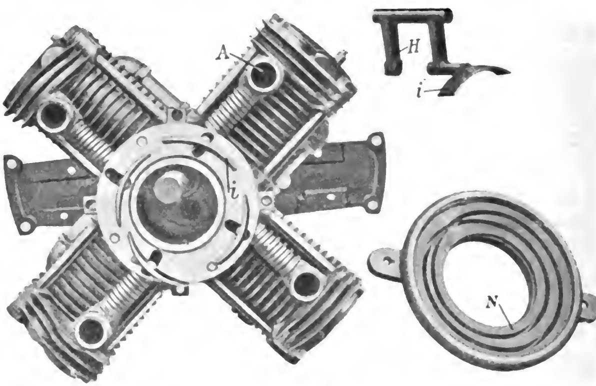


Fig. 115.
Steuerung des Burlat-Motors.
N feststehende Nutenscheibe, in welcher die Führungen *i* an den Hebeln *H* gleiten.
A Auspuffventil.

der Kurbelkröpfung, also gleich einem halben Hub des Kolbens (Fig. 114).

Hierin besteht wie bei Bucherer der Grundgedanke des rotierenden Motors von Burlat. Es rotieren beim Motor von Burlat die Zylinder und die Kurbelwelle, und zwar beide im gleichen Drehsinne, die Kurbelwelle noch einmal so schnell als die Zylinder. Der Viertakt, nach dem der Motor arbeitet, vollzieht sich also bei einer Umdrehung des Zylinders. Beim Motor von Burlat kann daher, wie beim Bucherer-Motor, die Kraft in normaler Weise an der Kurbel-

welle abgenommen werden und die Zylinder rotieren nur zum Zwecke der Kühlung und um als Schwungmasse zu dienen.

Je zwei gegenüberliegende Zylinder haben eine Kolbenstange, die an den Enden die zugehörigen drei Kolben trägt und in der Mitte den Kurbelzapfen antreibt.

Infolge der vorbeschriebenen Dispositionen, d. h. der exzentrischen Lagerung der Kurbelwelle gegenüber den Zylindern und der Länge der Kurbelkröpfung gleich dem Abstand von Kurbelwelle zur Gehäusemitte, ergibt sich wie vorstehende Fig. 113a bis d erkennen läßt, die gradlinige Bewegung der Kolbenstange und damit der Fortfall der Gelenke in den Kolben.

Das Zahnradgetriebe, welches die Bewegung der Kurbelwelle gegenüber dem Motorgehäuse zu einem zwangläufigen macht, fehlt beim Burlat-Motor, und dies ist ein erheblicher Nachteil gegenüber dem Bucherer-Motor.

Bei nur vier Zylindern würden beim Motor von Burlat im Gegensatze zu dem gewöhnlichen Motor mit vier stehenden Zylindern die Explosionen ungleichmäßig verteilt sein. Bei dem Motor mit acht Zylindern von Burlat für Luftschiffszwecke ist jedoch eine gleichmäßige Verteilung der Explosionen bei einer Umdrehung erreicht. Die Kurbelwelle des Burlat-Motors macht 2500 Touren per Minute, das Motorgehäuse demnach 1250.

Die hohe Tourenzahl hat den Vorteil, daß bei gleicher Kraft die Mittel zur Kraftübertragung leichter ausfallen, eine wesentliche Gewichtsersparnis. So wichtig dies für Luftschiffzwecke ist, so ist doch dabei der Nachteil mit in Kauf zu nehmen, daß bei direktem Antrieb der Luftschrauben von der Motorwelle der Wirkungsgrad der Schrauben ein schlechterer ist, da alle Versuche bisher ergeben haben, daß langsam rotierende Schrauben von großem Durchmesser einen besseren Wirkungsgrad ergeben, als schnell rotierende mit kleinerem Durchmesser.

Die Ventile sind beim Motor von Burlat auf dem Zy-

linderdeckel angeordnet, ebenso die Zündkerzen. In der Mitte zwischen beiden Ventilen ist in einem, am Zylinder angebrachten Lagerbock, ein doppelarmiger Hebel gelagert, welcher sowohl Einlaß- wie Auslaßventil steuert. Die Bewegung des Hebels erfolgt durch ein Führungsstück, das sich an einer feststehenden Kurvenscheibe abwälzt (Fig. 115).

Die Gaszuführung zu dem Saugventil erfolgt durch einen Kanal (E, E^1 der Fig. 114) im rotierenden Gehäuse jeder Zylindergruppe. Dieser Kanal kommuniziert mittels einer Ringnute (R, R^1 der Zeichnung) mit einem Rohrstutzen (K, K^1), an welchem der Vergaser angeschlossen ist. Jede Gruppe von vier Zylindern hat also einen besonderen Vergaser.

Bei der ersten Ausführung dieses Motors erfolgte das Ansaugen anstatt durch die Ringnute des Gehäuses durch das Innere des Gehäuses selbst, das hatte den Nachteil, daß das frische Gasgemisch mit verspritztem Öl im Gehäuse in Berührung kam und dadurch zuviel Öl durch die Saugleitung und das Saugventil in die Verbrennungskammer gelangen konnte, auch wurde ein Teil des Brennstoffes durch das Öl kondensiert. Der Auspuff erfolgt aus den Auspuffventilen direkt ins Freie. Die Zuleitung des elektrischen hochgespannten Stromes nach der Zündkerze erfolgt mittels feststehender, bogenförmiger Kontaktstücke, die an der Stelle des Kreises, der um die Zylinder liegt, an welcher die Zündung erfolgen soll, angebracht sind. Die äußeren Enden der Zündkerzen gehen in geringem Abstand (ca. ½ mm) bei der Rotation der Zylinder an diesem feststehenden Kreisbogen vorbei, so daß der Funken nach den Zündkerzen überspringen kann. Durch diese äußeren Funken ist gleichzeitig eine Kontrolle für die Zündung gegeben.

Die Zylinder des Burlat-Motors haben eine Bohrung von 100 mm bei 120 mm Hub, bei 2600 Umdrehungen der Motorwelle, 1300 Umdrehungen des Gehäuses, leistet der Achtzylindermotor 50 PS. Das Gewicht des Motors beträgt 104 kg.

Rotierender Motor von Adams (Farwell).

Nach der älteren Konstruktion rotierender Motoren, wobei die Motorwelle feststeht, baut Adams einen Motor für

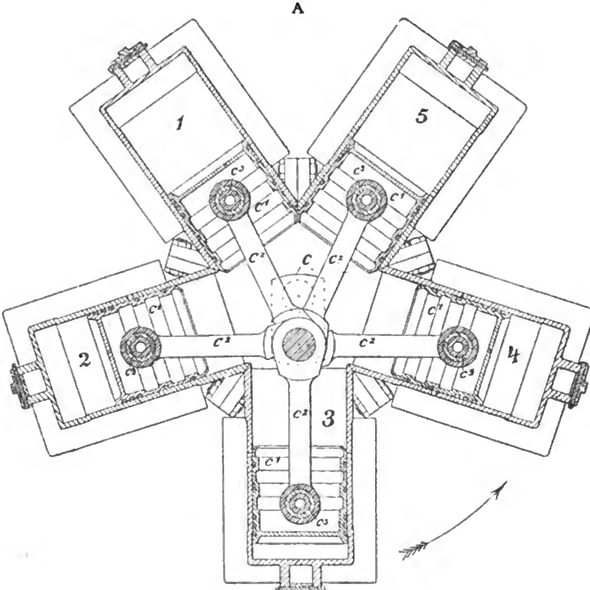


Fig. 116.
Rotierender Motor von Adams (Farwell).
1 bis 5 Zylinder, C^1 Kolben, C^2 Pleuelstangen, C^3 Zapfen, C Kurbelwelle.
Reihenfolge der Zündungen: 1, 4, 2, 5, 3.

Flugapparate. Hierbei wird die Kraft von dem rotierenden Gehäuse abgenommen. An diesem sind drei oder fünf Zylinder befestigt, bzw. jeder Zylinder bildet ein Stück mit einem Drittel oder Fünftel des Gehäuses. Die Kühlrippen verlaufen in Richtung des Kolbenweges. Die Pleuel fassen

an einem gemeinsamen feststehenden Kurbelzapfen an. Der Motor mit fünf Zylindern leistet bei 1400 Touren per Minute 40 bis 50 PS., sein Gewicht beträgt ca. 120 kg. Der Motor kann so montiert werden, daß die Welle vertikal steht.

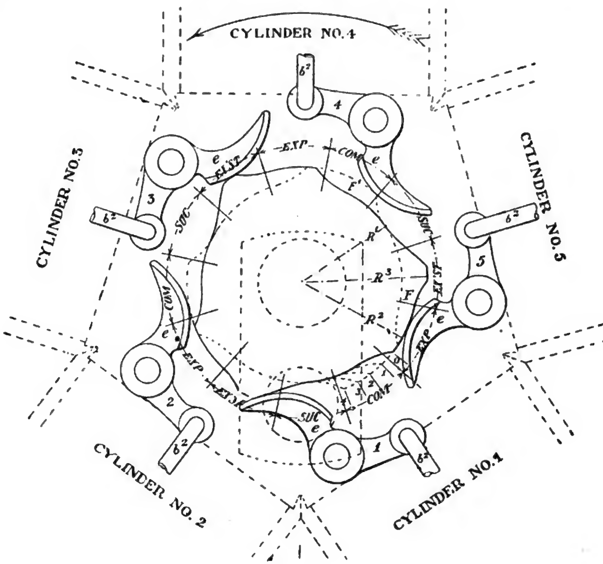


Fig. 117.
Steuerung des Motors von Adams.

Bei diesem Motor machte die Schmierung anfangs Schwierigkeiten, jetzt erfolgt dieselbe mittels einer Ölpumpe durch die durchbohrte Kurbelwelle.

Die Steuerung erfolgt mittels zwei Kurvenscheiben, die in gleichem Sinne wie das Gehäuse mit den Zylindern, jedoch nur mit der halben Tourenzahl rotieren. Auf einer Kurvenscheibe liegen drei Steuerhebel an, auf der anderen zwei, da der Motor fünf Zylinder hat. Dieselbe Kurvenscheibe mit

demselben Hebel für jeden Zylinder steuert Ein- und Auslaßventile, indem die Scheibe außer den Nocken (Erhöhungen) für den Auspuff, Vertiefungen für die Saugperiode hat, in welche Vertiefungen die Steuerhebel durch eine Feder hineingedrückt werden, wobei ein Kipphebel auf den Zylinder das Saugventil öffnet. Die Zuführung der frischen Gase findet in gleicher Weise wie beim Burlat-Motor statt.

Rotierender Motor von Herrings

hat ebenfalls rotierende Zylinder und wiegt nur 41,5 kg bei 18/21 PS Leistung. Die fünf Zylinder des Motors sind sternförmig um das Kurbelgehäuse angeordnet. In dem Ventilkopf sind das Auslaß- und Einlaßventil getrennt untergebracht, werden aber beide mittels einer Stoßstange, die einen Kipphebel betätigt, bedient. Der Motor besitzt im Gegensatz zu fast allen anderen Motoren Abreißzündung.

Gnome-Flugmotor.

Auf gleichem Konstruktionsprinzip, jedoch mit sieben Zylindern ist der neue Gnome-Motor der Société des Moteurs Gnome in Paris gebaut. Wie bei dem vorbeschriebenen Motor von Adams ist die ungrade Anzahl der Zylinder gewählt, um auf beide Umdrehungen des Viertaktes die Explosionen gleichmäßig zu verteilen. Dieser Motor zeichnet sich dadurch aus, daß Aluminium ganz vermieden ist. Nur die Kolben sind aus Gußeisen gefertigt, sonst ist alles aus Stahl hergestellt, auch die Zylinder und das Gehäuse. Letzteres besteht aus einem Zylinder mit sieben Öffnungen auf seinem Umfange und zwei Scheiben mit den Lagern der Kurbelwelle (Fig. 121). Auch hier ist das Motorgehäuse auf der Welle in Kugellagern gelagert, ebenso die Pleuelstange eines Zylinders auf dem Kurbelzapfen. Die übrigen Pleuel sind mittels Bolzen mit dem Hauptpleuel gelenkig verbunden (Fig. 118). Die Lager für den Zapfen im Kolben sind eingeschraubt, auf diese Weise konnten die Kolben auf allen Flächen gedreht werden, so daß sie denkbar leicht

sind. Bemerkenswert ist die Zuführung des frischen Gemisches; diese erfolgt durch die feststehende hohle Kurbelwelle in das Gehäuse und von hier aus durch den Kolben, in welchem sich das ungesteuerte Saugventil befindet, nach dem Zylinder. Der Nachteil dieser Konstruktion ist, daß man, um das Saugventil nachzusehen, den betreffenden Zylinder abnehmen muß. Das Auspuffventil befindet sich oben am Zylinder, dadurch kann dieser aus dem vollen Stahl gedreht werden und ist dadurch sehr leicht.

Der Gnome-Motor ist besonders für Flugapparate konstruiert. Dieser Motor dürfte im Verhältnis zur Leistung von allen Flugmotoren das geringste Gewicht haben. Bei einem Gewicht von 76 kg leistet der Motor bei 1300 Touren 50 PS. Per PS beträgt das Gewicht demnach nur 1,5 kg. Dies geringe Gewicht wird dabei vollständig unter Ausschluß von Aluminium als Material für die Motorteile erreicht, vielmehr ist fast alles aus Stahl gearbeitet, so die Zylinder, das Gehäuse, selbstverständlich auch die Kurbelwelle, Pleuel, usw. Man sieht also, daß das Heil nicht in der Verwendung von Aluminium, sondern von hochwertigem Stahl liegt. Natürlich werden alle Teile, bei denen es möglich ist, hohl hergestellt, so ist die Kurbelwelle durchbohrt, die Pleuel sind T-förmig ausgefräst, und ebenso haben die Kipphebel zur Bedienung der Auspuffventile Aussparungen. Die Ventilstößel sind aus Rohr hergestellt. Die Auslaßventile haben einen sehr großen Durchmesser. Das Gewicht der Ventile wird durch kleine Kontergewichtshebel ausgeglichen, da sonst mit zunehmender Rotationsgeschwindigkeit die Ventile stärker auf den Sitz gepreßt würden und eine größere Kraft zum Öffnen nötig wäre. In gleicher Weise sind die Einlaßventile in den Kolbenböden durch Kontergewichts-

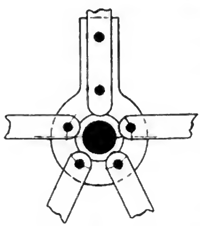


Fig. 118.
Verbindung der 5 Pleuelstangen am gemeinsamen Lager bei den Motoren Gnome-Ellehammer, Esnault-Pelterie.

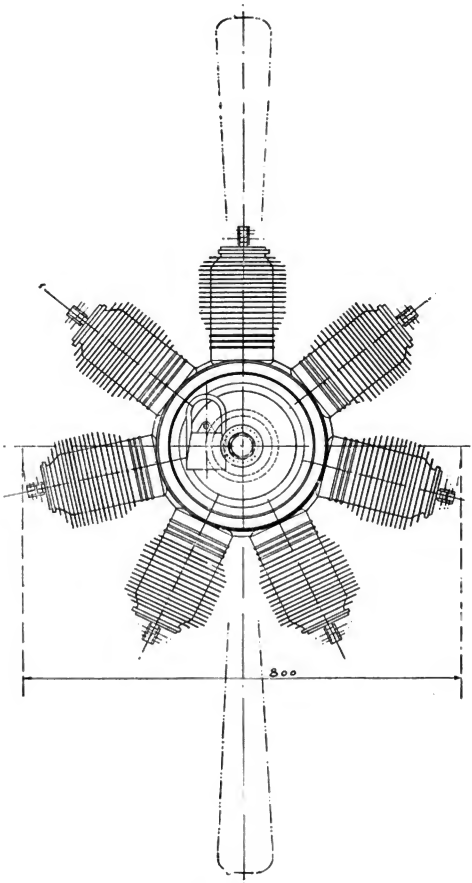


Fig. 119.
Gnome-Motor.
Ansicht von hinten.

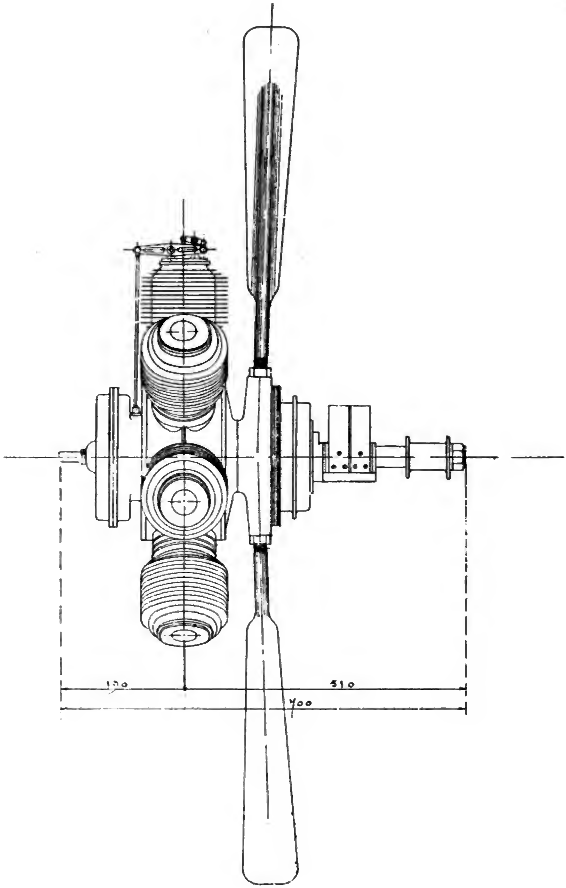


Fig. 120.
Gnome-Motor.
Seitenansicht.

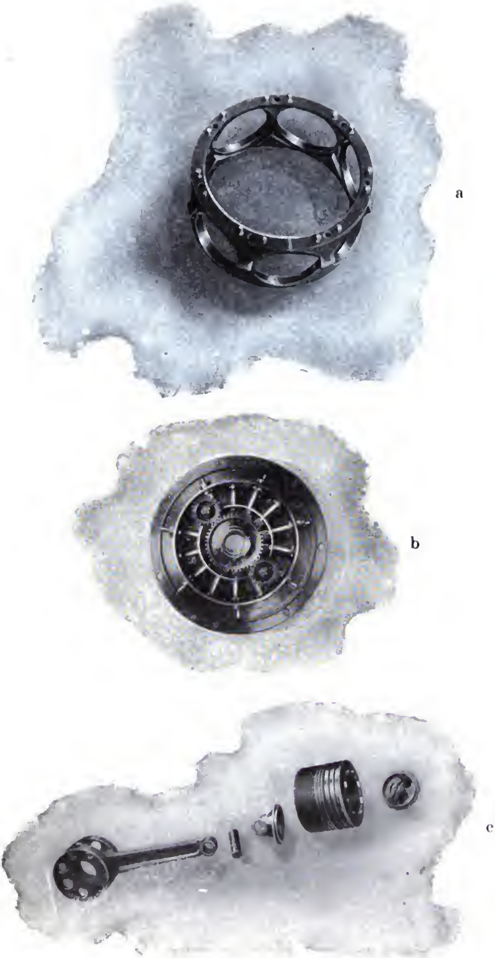
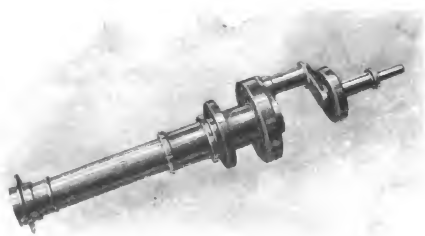


Fig. 121 a bis c.
Gnome-Motor, zerlegt.
a Gehäuse, *b* Deckel mit Getriebe für die Steuerung, *c* Kolben, Saugventil und Pleuelstange.



d



e

Fig. 121 d und e.

Gnome-Motor, zerlegt.

d Pleuelstangen mit Lager, *e* Kurbelwelle.

hebel ausbalanciert. Der Kolben ist der einzige Teil, welcher aus Gußeisen hergestellt ist, weil die Zylinder aus vollem Stahl ausgedreht sind, und Stahl auf Stahl schwieriger zu schmieren ist.

Sehr gut ist beim Gnome-Motor die Schmierung ausgebildet. Durch eine Zahnradübersetzung wird eine Ölpumpe mit zwei Kolben angetrieben. Durch einen Ver-

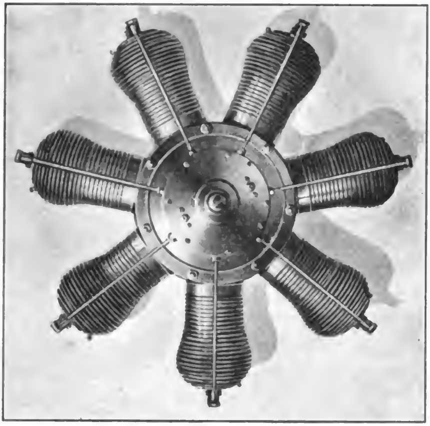


Fig. 122.
Gnome-Motor, letzte Ausführung.

teiler werden die Pumpen gesteuert und das Öl auf die einzelnen Schmierstellen verteilt. Ventile, die stecken bleiben könnten, kommen also an der Ölpumpe nicht zur Anwendung. Die Pumpe gibt stets so viel Öl, als in den Zylindern verbrennt resp. durch die Auspuffgase mitgerissen wird. Der einzige Fehler dieses rotierenden Motors scheint der hohe Ölverbrauch zu sein, der darin begründet ist, daß das Öl durch die Zentrifugalkraft nach außen geschleudert wird, ein Fehler, der bei jedem rotierenden Motor sich zeigen wird. Der Vergaser ist außen am Ende der hohlen fest-

stehenden Kurbelwelle angebracht. Diese Seite der Kurbelwelle muß daher einen großen Durchmesser erhalten, um

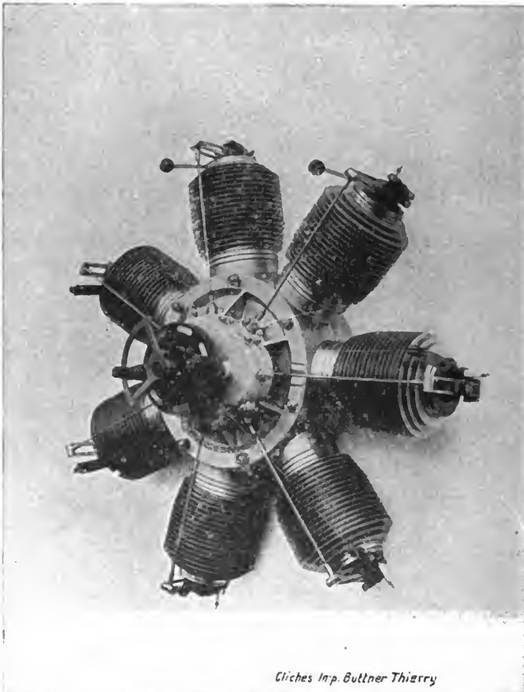


Fig. 123.
Gnome-Motor (Vorderansicht).

einen genügend weiten freien Querschnitt für das frische Gasgemisch zu erhalten. Im übrigen ist der Vergaser ein normaler Automobilvergaser mit Schwimmer, automatischer Luftregulierung und Drosselklappe, nur ist das Gehäuse des

Vergasers in Aluminium ausgeführt, und dies der einzige größere Teil aus Aluminium an diesem Motor.



Fig. 124.
Gnome-Motor in Rotation.

Die Zündung erfolgt durch einen Magnetinduktor, der im Übersetzungsverhältnis 4:7 vom rotierenden Motorgehäuse angetrieben wird. Mit dem Magnetapparat ist der Verteiler für den Hochspannungsstrom verbunden. Zünd-

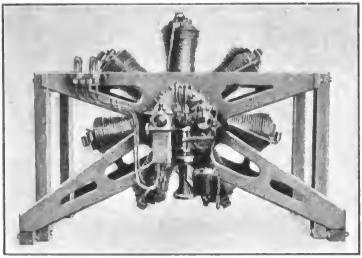


Fig. 125.
Gnome-Motor von hinten gesehen in einen Drachenflieger eingebaut, links Ölpumpe, in der Mitte Vergaser, rechts Zündapparat.

apparat und Vergaser mit Ölpumpe sind auf der Seite des Motors angebracht, mittels welcher er am Gestell des Flugapparates befestigt wird. Auf der anderen Seite des Motors sind die Zahnräder, die Steuerscheibe und das Gestänge für die Steuerung angebracht. Die Übertragung vom Motorgehäuse auf die Steuerscheibe erfolgt durch Planetengetriebe. Der Motor kann mit vertikaler oder horizontaler Welle montiert werden, da dies auf die Ölung keinen Einfluß hat. Dagegen muß bei Montage mit vertikaler Motorwelle ein besonderer Vergaser angebracht werden.



Fig. 126.
Gnome-Motor in einen Drachenflieger eingebaut von vorn gesehen.

Dieser Motor ist an mehreren französischen Flugapparaten angebracht und soll sich bei denselben vorzüglich bewährt haben. Auch während der aviatischen Woche in Reims hat man an einigen Flugapparaten diesen Motor angebracht, so bei Farman und Paulhan.

Zurzeit wird dieser

Motor in drei verschiedenen Größen gebaut. Die kleinste Type leistet 30 PS mit fünf Zylindern, Bohrung 100 mm, Hub 100 mm, 1300 Touren per Minute, Gewicht 60 kg. Die zweite Type leistet 50 PS bei 1200 Touren, mit sieben Zylindern, Bohrung 110 mm, Hub 120 mm, Gewicht 76 kg. Die dritte Type ist eine Verdoppelung der zweiten Typen, indem 14 Zylinder an einem Gehäuse angebracht sind, die auf zwei Kurbelzapfen arbeiten. Diese Type leistet 100 PS bei 1200 Touren, Gewicht 100 kg.

Ajax-Flugmotor.

Der Ajax-Motor wird mit 3, 5 und 7 Zylindern gebaut.

Jeder Zylinder steht frei für sich, der direkten Kühlluft eines um die gleiche Achse zwangläufig rotierenden großen Ventilators ausgesetzt. Außerdem wird die intensive Luftkühlwirkung durch die rotierende Eigenbewegung des Zylinders weiter gesteigert.

Die Zylinder sind gleichzeitig Schwungmasse, und da sowohl diese wie die Kurbelwelle sich drehen und diese Bewegungen voneinander unabhängig stattfinden, so arbeitet die Maschine praktisch ohne Totpunktlagen.

Das Schmieröl wird zwangläufig an die Innenseite der gemeinschaftlichen Kurbellagermitte mittels Druckpumpe geführt, von wo es sich durch die Einwirkungen der Zentrifugalkraft gleichmäßig über die Flanken nach der Außenseite zu verteilt. Von hier gelangt dasselbe in die rotierenden Zylinder, für welche die Einrichtung getroffen ist, daß sie nie vollständig stille stehen. Bei abgestelltem Motor fliegt ein vorhandener Ölüberschuß in den Kolbenraum des gerade nach unten stehenden Zylinders und wird bei Inbetriebnahme des Motors wieder herausgeschleudert.

Die Kolbenstangen greifen in derselben Ebene an gemeinsamen Kurbelzapfen an. Durch relativ große Reibungsflächen wird der Druck und damit die spezifische Reibarbeit gering. Da durch die gleichmäßige Verteilung der

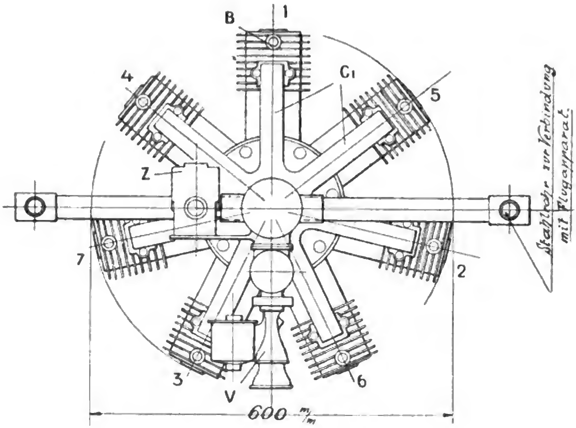


Fig. 127.

Ajax-Flugmotor (ältere Ausführung mit 2 Ventilen, Ansicht von vorn).
1 bis 7 Zylinder in der Reihenfolge der Zündungen, C^1 Ansaugventile, *V* Vergaser
B Zündkerzen.

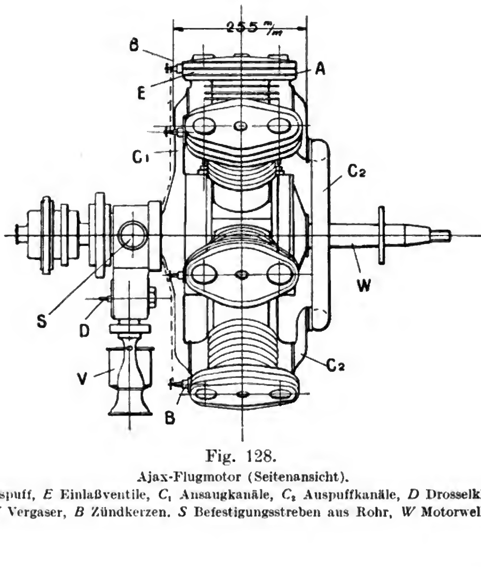


Fig. 128.

Ajax-Flugmotor (Seitenansicht).
A Auspuff, *E* Einlaßventile, C_1 Ansaugkanäle, C_2 Auspuffkanäle, *D* Drosselklappe,
V Vergaser, *B* Zündkerzen. *S* Befestigungsstreben aus Rohr, *W* Motorwelle.

Kolbenstangen auf dem Umfange, sowie im besonderen auch durch die Umlaufbewegung der Zylinder und Kurbelwelle die Erhaltung der mathematischen Rundform des Kurbelzapfens Tendenz ist, bleiben die günstigen Reibungsverhältnisse dauernd bestehen.

Die Steuerung erfolgt für Einlaß und Auslaß durch ein Ventil.

Dabei vollzieht dieses Ventil pro Arbeitszyklus (zwei Touren) nur eine e i n z i g e Hubbewegung, d. h. es öffnet nur einmal, und zwar auf die Dauer der Niederdruckperiode (Auspuff und Ansaug). Die Umsteuerung der Gase innerhalb dieser Periode wird in der im ersten Kapitel beschriebenen Weise durch dieselbe Ventilbewegung erreicht: durch einen besonderen Rundschieber, welcher auf der Ventilspindel sitzt.

Bei der älteren Ausführung des Ajax-Motors kamen getrennte Ventile zur Anwendung.



Fig. 129.
Skala des Ajax-Motors.

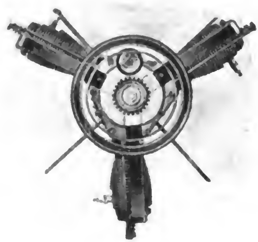


Fig. 130.
Dreizylinder-Ajax-Motor.

Zum Zweck einer schnellen und sicheren Orientierung über die jeweiligen Ventil- und Zündungsstellungen in bezug auf die Arbeitsvorgänge im Motorinnern ist das Kurbelgehäuse mit einer außenliegenden Skalascheibe (Fig. 129) ausgestattet, während die Kurbelwelle mit Zeigern, entsprechend

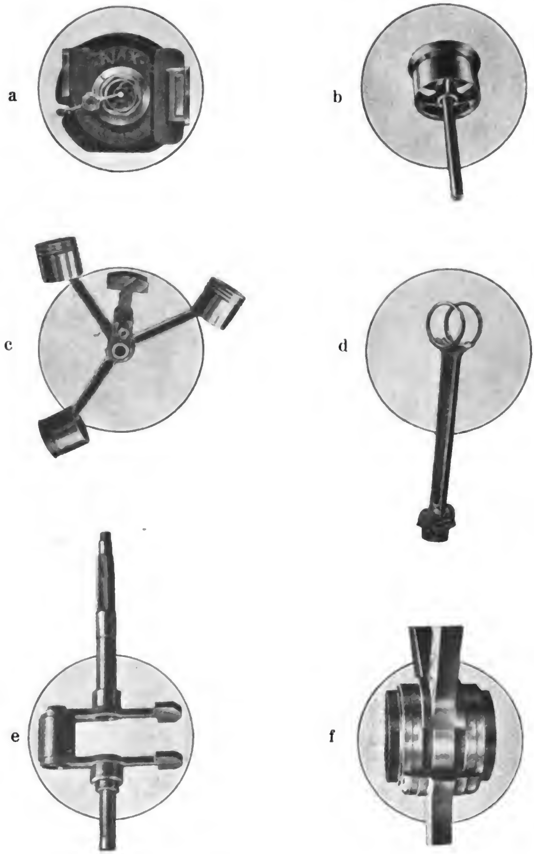


Fig. 131a bis f.

a Zylinder von oben gesehen, mit Ventil, *b* Ventil mit Rundschieber, *c* Kurbelwelle mit Pleuelstange und Kolben, *d* Pleuelstange mit Zapfenlager im Kolben, *e* Kurbelwelle, *f* 3facher Pleuellagerkopf.

der Anzahl der Zylinder, versehen ist. Die jeweiligen Arbeitsstellungen werden so direkt angezeigt. Die Skala veranschaulicht den geschlossenen Arbeitsprozeß der vier Hübe: Ansaugen, Kompression, Explosion, Auspuff mit den Kennmarken des Zündmomentes sowie der Vor- bzw. Nacheilung der Ventile. Da alle Zylinder dieselben Perioden während einer Zeigerumdrehung durchlaufen müssen, so ist nur eine Einstellung nach einem bestimmten Zylinder erforderlich, wobei dann jeder Zylinder durch je einen Zeiger dargestellt wird, an dessen Stand die jeweilige Arbeitsstellung an der Scheibe abgelesen werden kann.

Diese Vorrichtung setzt jedermann in den Stand, ohne Sachkenntnis in anschaulicher Weise sich in das Wesen der inneren Arbeitsvorgänge im Explosionsmotor mühelos einzufinden, und was noch wichtiger ist, sich durch einen orientierenden Blick über die richtige Einstellung des Motors zu überzeugen. Da die Zeigerbewegung für alle Arbeitsvorgänge immer maßgebend bleibt und keiner Abnutzung ausgesetzt ist, so können durch langen Gebrauch abgenutzte Motorsteuerteile an ihren Gewinden nach der Zeigerscheibe bequem und rasch nachgestellt werden. Dabei ist jeder Irrtum ausgeschlossen und die Genauigkeit der Justierung die denkbar größte.

Damit ist ein Mittel an die Hand gegeben, den Motor ständig mit der vorteilhaftesten Leistung arbeiten zu lassen.

Die Zündung erfolgt mittels Hochspannungs-Magnetinduktor. Der Magnet steht fest, ist von allen Seiten vollkommen frei und kann mit wenigen Handgriffen abmontiert und wieder aufmontiert werden. Der Zündfunke wird durch einen übersichtlichen offenen Schleifkontakt auf die einzelnen Zylinder verteilt. Die Zuführung der Gase erfolgt in ähnlicher Weise wie beim Burlat-Motor durch Kanäle.

5. Besondere Konstruktionen.

Knight-Motor.

Im letzten Salon des Automobiles im November und Dezember 1908 in Paris erregte ein neuer Automobilmotor großes Aufsehen, weil dessen Steuerung nach einem ganz

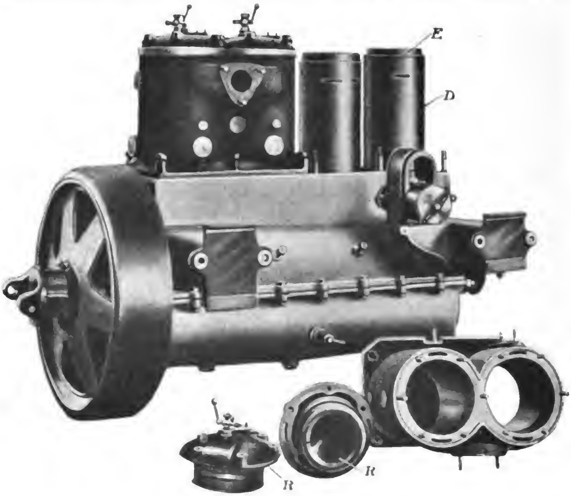


Fig. 132.
Knight-Motor.
E innerer Schieber, *D* äußerer Schieber, *R* Zylinderdeckel.

neuen Prinzip durchgebildet war. Auch die zwei in Paris vorgeführten Probeautomobile mit diesem Motor erregten bei allen Interessenten große Beachtung, namentlich deshalb, weil die Motoren derselben fast ohne jedes Geräusch arbeiten, jedenfalls war außer dem Auspuffgeräusch nichts zu hören. Dabei hatten die Motoren eine Dehnbarkeit in der Leistung, wie man sie sonst nur bei Dampfmaschinen erreicht. Die Wagen fuhren fast ausschließlich mit dem direkten Ein-

griff, der vierten Übersetzung. Alle Steigungen in der Nähe des Ausstellungspalastes konnten mit der vierten überwunden werden, und ebenso fuhren die Wagen mit der vierten an.

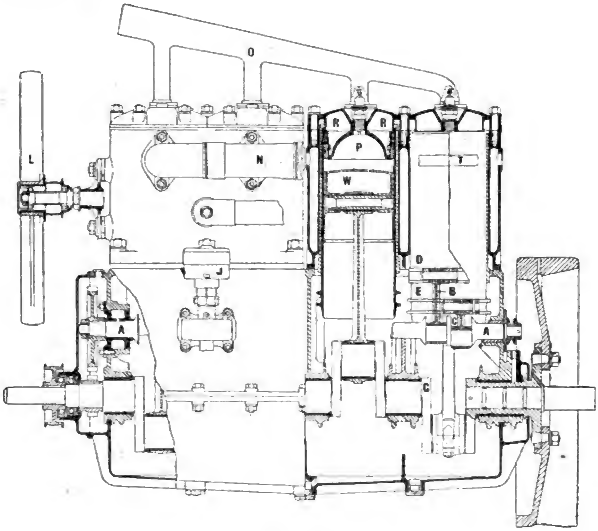


Fig. 133.

Knight-Motor, Längsschnitt.

G Kurbelwelle, *A* Steuerwelle, *B* und *C* Exzenterstangen für die Schieber *D* und *E*. *F* Welle für Magnetapparat *H*, *K* Welle für Stromverteiler *J*, *T* Einlaß- und Auslaßöffnung, *M* Vergaseranschluß, *N* Auspuffrohr, *O* Wasserauslaß, *S* Ventilator. *P* Explosionsraum, *W* Kolben, *R* Zylinderdeckel. (Siehe auch Fig. 134.)

Bei Fachleuten erregte es auch Beachtung, daß dieser aus Amerika stammende Motor von einer der größten englischen Fabriken, den englischen Daimler-Werken, aufgenommen wurde. Für Frankreich nahm die bekannte Automobilfabrik von Panhard & Levassor zunächst probeweise den Bau dieses Motors auf. Für Belgien hatte bereits

die Automobilfabrik „Minerva“ den Bau dieses Motors übernommen, und in Deutschland probieren gegenwärtig die

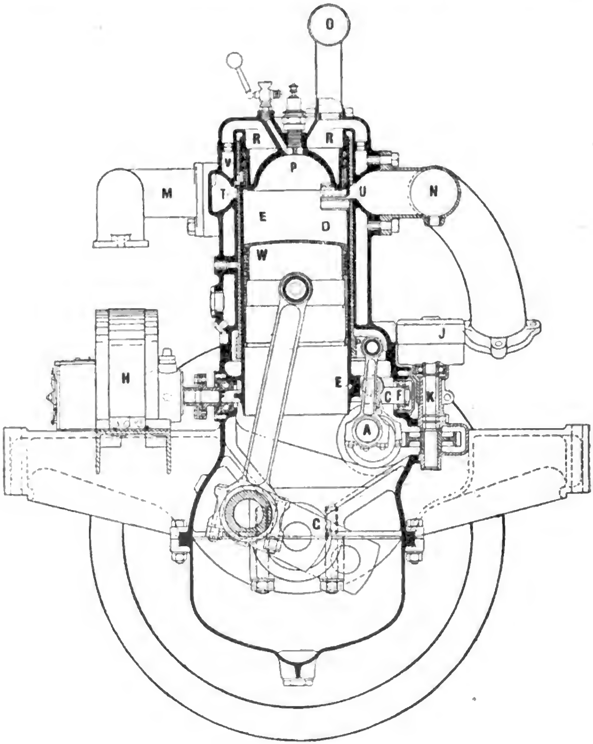


Fig. 134.
Knight-Motor, Querschnitt.

Daimlerwerke in Cannstatt den Knight-Motor eingehend, um ev., wenn die Proben befriedigend ausfallen, die Fabrikation dieses Motors einzurichten.

Inzwischen wird in Amerika bereits an einer Type dieses Motors für Luftschiffe und Flugapparate gearbeitet.

Von vielen Fachleuten wird die Konstruktion des Knight-Motors nicht günstig beurteilt, obwohl seine Vorteile bezüglich volumetrischen Wirkungsgrads zugegeben werden. Jedoch dürften diese Vorteile durch die komplizierte Steuerung und einen großen Verschleiß der Exzenter und Steuerschieber zu teuer erkauft sein. Da man über die Automobile, welche mit diesem Motor ausgerüstet sind, bisher keine Klagen gehört hat, scheint es, als wenn diese Bedenken nicht stichhaltig seien. Da vielleicht eine größere Verbreitung dieses Motors zu erwarten ist, soll derselbe nachstehend an Hand von Zeichnungen (Fig. 133, 134) beschrieben werden.

Das wesentliche Merkmal des Knight-Motors ist die Steuerung für Ein- und Auslaß mittels zweier gegenläufiger Rundschieber, die im Zylinder angeordnet sind. Ventile kommen daher an diesem Motor nicht zur Anwendung. Durch die gegenläufigen Schieber wird einmal ein sehr schnelles Öffnen und Schließen erreicht und zweitens ein sehr großer freier Querschnitt für den Ein- und Auslaß. Hierdurch hat der Motor einen sehr guten volumetrischen Wirkungsgrad, infolgedessen eine im Verhältnis zur Bohrung und Kolbengeschwindigkeit hohe Leistung. Von den Konstrukteuren des Motors wird auch behauptet, daß der Brennstoffverbrauch pro PS ein sehr geringer, und zwar für den 30 PS-Motor weniger als 250 g pro PS und Stunde betragen soll.

Der Motor wird als Vierzylindermotor gebaut, und zwar sind je zwei Zylinder zusammengegossen. Bei einer Bohrung von 124 mm und 130 mm Hub soll der Motor an der Bremse 38 bis 40 PS leisten, bei 1200 Touren per Minute.

Die beiden Schieber, welche Ein- und Auslaß steuern, sind ineinandergesteckt. Im inneren Schieber läuft der Kolben. Betätigt werden die beiden Schieber durch zwei Exzenter und Exzenterstangen von der Steuerwelle aus. Die

beiden Exzenter sind so gegeneinander versetzt, daß die Schieber im Moment des Öffnens und Schließens gegenläufig sind, wodurch das schnelle Öffnen und Schließen erreicht wird. Ein Nachteil der Konstruktion ist, daß wegen der Montage und der Bearbeitung der Zylinderdeckel mit dem Zylinder nicht ein Stück bilden kann, sondern aufgesetzt werden muß, wie man es bei den ersten Automobilmotoren gemacht hat (alte Daimler-Motoren).

Wegen der Schwierigkeiten der Dichtung hat man beim Automobilmotor diese Teilung von Zylinder und Zylinderkopf aufgegeben. Es kommt eine zweimalige Dichtung in Betracht, einmal die Abdichtung des Zylinders selbst nach dem Wassermantel zu und dann die Abdichtung des Wassermantels nach außen. Da bei dieser Teilung immer die Möglichkeit besteht, daß Undichtigkeiten eintreten, sind beim Knight-Motor die Schieber sehr weit nach oben verlängert. Der innere Schieber hat außerdem noch zur Dichtung Kolbenringe. Ebenso natürlich auch der Kolben selbst, der mit vier Kolbenringen ausgerüstet ist.

Die Form des Explosionsraumes ist beim Knight-Motor halbkugelförmig. Diese Form ist die günstigste und wird auch bei den Ventilmotoren angestrebt, weil dabei der Explosionsraum die kleinste Oberfläche hat. Die Schlitze zur Steuerung befinden sich in den Schiebern gegenüberliegend. Die Saugkammer auf der einen Seite des Motors und die Auspuffkammern auf der andern Seite, erweitern sich trichterförmig nach außen und reichen halbkreisförmig um einen großen Abschnitt des Zylinders herum. Auch dadurch ergeben sich sehr große freie Querschnitte für die Ein- und Auslaßöffnungen.

Die Kurbelwelle ist am Knight-Motor an fünf Stellen gelagert. An den Lagerstellen hat die Kurbelwelle einen sehr großen Durchmesser, ebenso auch die Kurbelzapfen selbst. Die Steuerwelle ist mit den Exzentern aus einem Stücke hergestellt. Alle Laufflächen sind gehärtet und geschliffen. Die Antriebszahnräder für die Steuerwelle sind

eingekapselt. Der Magnetapparat und der Verteiler werden durch besondere Wellen angetrieben, die von der Steuerwelle durch Schneckenräder in Umdrehung versetzt werden. In gleicher Weise wird auch die Pumpe für die Wasserzirkulation angetrieben. Wenn auch diese Anordnung sehr übersichtlich ist und alle genannten Apparate leicht zugänglich sind, so erscheint doch die Anwendung von drei Schneckenräderpaaren mit zugehörigen Wellen eine Komplikation. Beim Luftschiffmotor dürfte schon aus Gründen der Gewichtsersparnis diese Konstruktion geändert werden.

Die Ölung erfolgt mittels einer Ölpumpe, die das Öl für Zylinder und Schieber in eine Spiralnut im Zylinder drückt. Hierdurch soll eine absolut sichere Ölung gewährleistet werden.

Durch den Fortfall der Kammern für die Ventile repräsentiert sich äußerlich dieser Motor sehr einfach. Hierdurch besticht er den Laien, ebenso auch durch den ruhigen Gang, der namentlich daher herrührt, daß das Geräusch, welches die Ventile beim Aufschlagen auf ihren Sitz hervorbringen, fortfällt. Die Schieber gleiten ja geräuschlos aneinander vorbei. Da die Reibungsflächen der Schieber sehr groß sind, dürfte eine Abnützung derselben erst nach sehr langer Betriebszeit eintreten, dagegen dürften die Exzenter und die Exzenterstangen eher ausschleißen, namentlich weil letztere einseitig an den Schiebern angreifen.

Valentin in Berlin konstruiert gegenwärtig einen Motor auf ähnlichem Prinzip, jedoch ersetzt er die hin und her gehenden Rundschieber durch rotierende Steuerorgane. Der Effekt dürfte derselbe sein. D. h. auch dieser Motor wird einen guten volumetrischen Wirkungsgrad ergeben und geräuschlos arbeiten. Der Antrieb der rotierenden Steuerschieber erfolgt mittels Zahnrädern, und zwar stehen die Zahnkränze der Steuerschieber einer Zylinderreihe direkt miteinander in Eingriff.

Auf einen Nachteil dieser beiden Konstruktionen sei hingewiesen: das ist die Verschlechterung der Kühlung, da

der Zylinder nicht direkt vom Wasser umspült wird, der Temperaturausgleich vielmehr durch drei verschiedene Wandungen stattfindet, zwischen denen sich noch zwei Ölschichten befinden. Beim Motor von Valentin kann das rotierende Steuerorgan wegen des Zahnradantriebs überhaupt nicht direkt gekühlt werden.

Motoren mit doppelt wirkenden Zylindern.

Um beim Viertaktmotor mit wenigen Zylindern ein gleichmäßiges Drehmoment zu erhalten und am Gewicht des Motors zu sparen, sind in letzter Zeit mehrere Motoren konstruiert worden, bei welchen durch die Anwendung von zweistufigen Kolben bei jeder Tour in jedem Zylinder eine Explosion stattfindet.

Einer der besten dieser Motoren ist der Motor von Boudreaux-Verdet. Dieser Motor hat bereits für Motorboote und Automobillastwagen Anwendung gefunden und ist sein Konstrukteur gegenwärtig beschäftigt, nach demselben Prinzip einen Motor für Luftfahrzeuge zu bauen.

Der Motor von Boudreaux-Verdet wird als Zweizylindermotor gebaut, der also den Effekt eines Vierzylindermotors ergibt. Wie die Zeichnung (Fig. 135—137) erkennen läßt, hat der Zylinder eine Stufenbohrung, und dementsprechend kommt auch ein Stufenkolben zur Anwendung. Die Durchmesser der beiden Stufen sind so abgestuft, daß der im größeren Zylinder zwischen diesem und dem Kolben verbleibende Ringraum denselben Querschnitt hat, wie der obere Zylinderraum.

Die Ventile sind zu beiden Seiten des Zylinders in Ventilkammern untergebracht, und zwar stehen die Ventile für den oberen Zylinderraum mit den Ventilstangen nach unten, die Ventile für den unteren Zylinderraum mit den Ventilstangen nach oben. Die Ventile jeder Seite an jedem Zylinder werden durch eine gemeinsame Ventilstange, die für jedes Ventil mit einem Mitnehmer versehen ist, betätigt. Die Steuerwelle wird durch ein Schneckenräderpaar an-

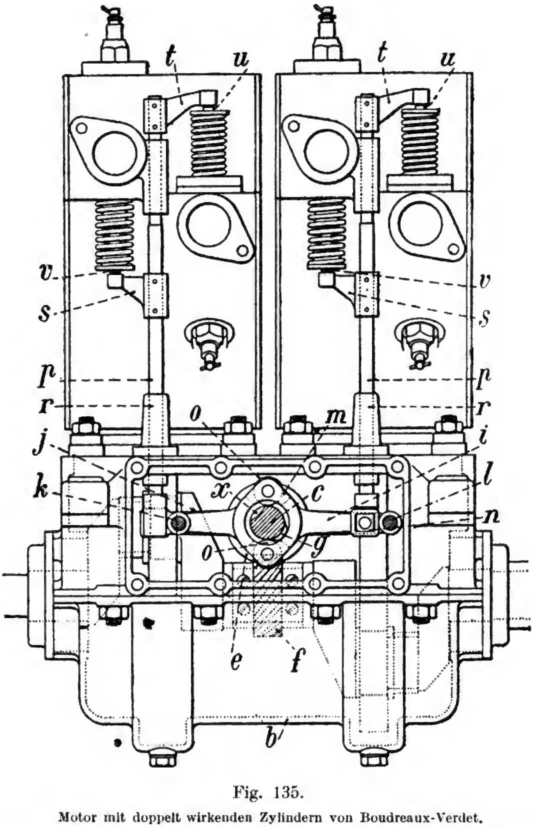


Fig. 135.

Motor mit doppelt wirkenden Zylindern von Boudreaux-Verdet.

a Kurbelwelle, b Gehäuse, c Steuerwelle, e, f Antriebsräder für die Steuerwelle, g Nocken, diesem gegenüber Ausfräsung X, i, j Hebel für die Ventilstangen mit Rollen o in dem die Steuernocken umfassenden Ringe m, n Gelenk für die Ventilstangen p in den Führungen r angelenkt an die Zapfen k und l, s Mitnehmer für die Einlaßventile v des oberen Zylinderraumes, t Mitnehmer für die Ventile des unteren Zylinderraumes. (Siehe auch Fig. 136 und 137.)

getrieben und ist im Motorgehäuse quer zur Kurbelwelle gelagert. An jedem Ende trägt die Steuerwelle einen Steuernocken, der von der üblichen Form insofern abweicht, als dem Nocken auf der gegenüberliegenden Seite eine Aus-

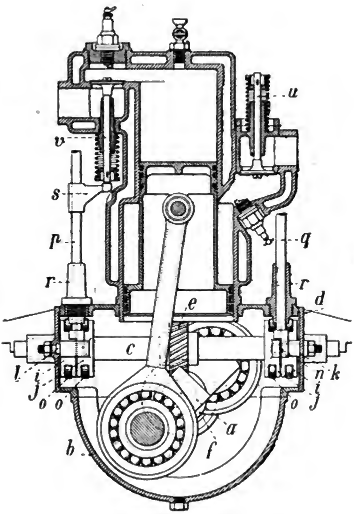


Fig. 136.
Motor von Boudreaux-Verdet. Querschnitt.

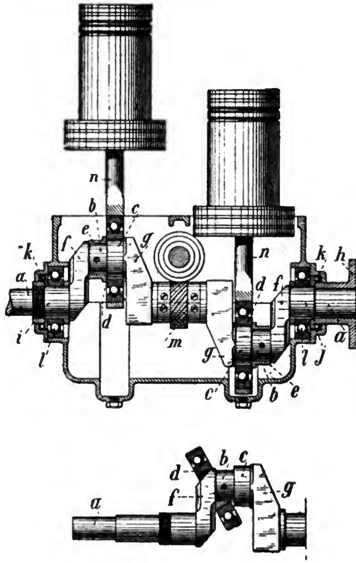


Fig. 137.
Kurbelwelle mit Kolben des Motors von Boudreaux-Verdet.

fräsung entspricht. Für jeden Ventilstößel ist ein Nocken und ein diesen umfassender Steuerhebel vorgesehen. Der Steuerhebel ist auf der dem zugehörigen Stößel gegenüberliegenden Seite auf einem Zapfen drehbar gelagert. Der mittlere, die Steuerwelle umfassende Teil trägt oben und unten eine Rolle, welche auf dem Steuernocken gleiten. Es ist leicht einzusehen, daß mittels dieser zwei Rollen und

des Nockens mit der ihm gegenüberliegenden Ausfräsung der Steuerhebel den zugehörigen Stößel in beiden Richtungen zwangläufig bewegt, d. h. wenn der Nocken auf die obere Rolle drückt, wird der Hebel und damit der zugehörige Stößel gehoben und das betreffende Ventil des oberen Zylinders wird aufgedrückt. Wenn der Nocken auf die untere Rolle drückt, wird der Hebel nach unten bewegt und damit die zugehörige Ventilstange nach unten gezogen, wodurch das Ventil dieser Seite für den unteren Zylinderteil geöffnet wird. Natürlich ist hierzu notwendig, daß die Ventilstange mittels Bolzen mit dem zugehörigen Hebel verbunden ist.

Die Kurbelwelle dieses Motors ist mittels Kugellagern im Gehäuse gelagert, ebenso greifen die Pleuelstangen mittels Kugellagern die Kurbelzapfen an (Fig. 137).

Ein Nachteil dieser Konstruktion ist das schwere Gewicht der Kolben, da die Kolben erheblich länger sein müssen, als bei einem normal einfach wirkenden Motor, namentlich hat der untere Teil des Stufenkolbens wegen des größeren Durchmessers ein entsprechend größeres Gewicht. Aus diesem Grunde wird sich die Tourenzahl dieses Motors bei gleichem Hub nicht so weit steigern lassen, wie bei einem normalen Motor. Ein weiterer Nachteil ist, wenigstens bezüglich des unteren Zylinders, die Notwendigkeit von zwei Ventilkammern und die Unmöglichkeit, der Explosionskammer eine einfache Form (Halbkugel) und geringere Oberfläche zu geben.

Neben der möglichen Gewichtsersparung bietet anderseits diese Motorkonstruktion den Vorteil einer geringen Raumbeanspruchung.

Im Anschluß an diesen Motor sei bemerkt, daß die Zylinder und Kolben des Motors an einem der ersten Drachenflieger, der wirklich geflogen ist, am Avion von Ader in gleicher Weise konstruiert waren (Fig. 138). Obgleich dies ein Dampfmotor war, verdient diese Motorkonstruktion deshalb Erwähnung, weil sie ein Beispiel gibt für die Art und Weise,

wie man durch geeignete Wahl der Baustoffe und Verbindung der einzelnen Konstruktionselemente ein möglichst

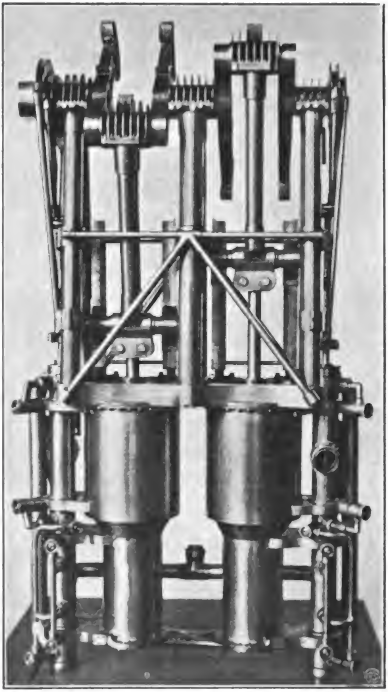


Fig. 138.
Dampfmotor mit Stufenkolben von Ader für den Drachenflieger „Avion."

geringes Gewicht erzielen kann. Der Motor ist ausschließlich aus Stahl gebaut.

Zweitaktmotor von Grade.

Eine gut durchgebildete und auf Grund längerer Erfahrungen nunmehr in zweckmäßige Formen gebrachte Kon-

struktion ist der Grade-Motor, gebaut von Grade in Magdeburg. Bei diesem Motor werden wie bei allen Zweitaktmotoren, die in Betracht kommenden vier Funktionen: Einbringung frischer Ladung in den Zylinder, Kompression, Zündung und Expansion sowie Austreiben der verbrannten Gase, statt auf vier auf zwei Kolbenhübe verteilt. Bemerkenswert ist jedoch für die ventillosen Zweitaktmaschinen das Fehlen der Steuerorgane; die Verteilung der Arbeitsvorgänge auf die zwei Kolbenhübe erfolgt vielmehr durch den Kolben selbst und wird bei dem Grade-Motor ähnlich

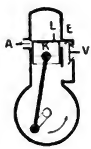


Fig. 139.
Schematische Zeichnung des Grade-Zweitaktmotors.
E Zylinder, *K* Kolben mit Führungsleiste *L*, *V* Einlaßventil mit Vergaser, *A* Auspufföffnung.

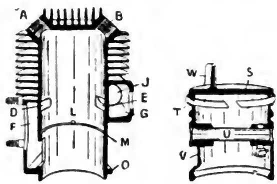


Fig. 140.
Zylinder und Kolben des Grade-Motors, *A* und *B* Zündkerzen, *D* Einlaßöffnung, *F* Mischkammer, *E* Auspufföffnung in Kammer *G*, *J* Auspuffrohr, *O* Befestigungsflansch, *L* Ölung, *S* Kolbenboden mit *W* Führungsleiste, *T* Kolbenring, *U* Zapfen.

wie bei dem bekannten Zweitaktmotor von Söhnlein, folgendermaßen bewirkt (Fig. 139).

Auf der oberen Kolbenseite vollzieht sich der Arbeitsvorgang, auf der unteren die Gemischbildung. Zu diesem Zweck ist die Einkapselung des Kurbelgetriebes nötig, während die Einkapselung bei Viertaktmotoren nur wegen der Ölung und des Schmutzes erfolgt. Geht der Kolben K in die Höhe, so entsteht in dem Kurbelraum, resp. in dem ganzen Raum unter dem Kolben, ein Vakuum, und dies bewirkt die Öffnung des Ansaugeventils V, durch welches frische Luft mit Brennstoff eintritt. Beim folgenden Niedergang des Kolbens wird das angesaugte Gemisch etwas kom-

primiert. Während dieses Niederganges wurde über dem Kolben von der vorhergehenden Ladung infolge Explosion und Expansion ein Krafthub geleistet; die Gase sind in der gezeichneten Kolbenstellung so weit expandiert, wie es für ihre Ausnutzung zweckmäßig erscheint. Geht der Kolben noch um etwas tiefer, so öffnet er den Auslaßkanal A, und die gespannten Gase puffen aus. Damit verringert sich deren Spannung bis nahe an die atmosphärische und ermöglicht der im Kurbelgehäuse vorkomprimierten neuen Ladung den Eintritt in den Zylinder, sobald der Kolben auf seinem weiteren Wege nach unten den Einströmkanal E freigibt. Damit nun die neue Ladung nicht bei E herein- und bei A sofort wieder hinausschießt, ist am Kolben eine Leitschaufel L angebracht, welche die frische Ladung zwingt, aufzusteigen und, durch den Zylinderboden abgelenkt, nun den linksseitigen Raum zu erfüllen sowie, die alten, verbrauchten Gase vor sich herschiebend, den ganzen Zylinder auszufüllen. — Der Vorgang des Auspuffens und der neuen Ladung vollzieht sich also in der Zeit, während welcher sich die obere Kolbenkante um die Höhe des Auspuffkanals hin und zurück bewegt; es wird also vom Expansions- und Kompressionshub ein kurzes Stück abgeschnitten, was im Verein mit den Vorgängen unter dem Kolben den ersten und vierten Hub des Viertaktes ersetzt.

Mit Abschluß des Auspuffkanales beim Aufgang des Kolbens beginnt die Kompression im Arbeitszylinder, und nahe dem oberen Totpunkt treten die Zündung und Explosion ein, welche den Kolben von neuem nach unten treibt.

Die praktische Ausführungsform ist in Fig. 141 u. 142 in zwei zueinander senkrechten Längsschnitten gezeichnet, während Fig. 140 den Zylinder und Kolben allein zeigt. Diese Figuren zeigen die Ausführungsformen für Motoren mit hohen Tourenzahlen, die Grade-Motoren werden auch stationär gebaut. Am oberen Teil besitzt der Zylinder zwei Öffnungen A und B zur Aufnahme der Zündkerzen und des Kompressionsventils. In der Mitte sind die Steuerkanäle D für den Einlaß der

frischen Ladung und E für den Auspuff der Abgase, an welche sich für erstere die Ventilkammer F, für letztere die Auspuffkammer G anschließt. An der Auspuffkammer ist eine drehbare Scheibe H (Fig. 141) befestigt, deren Öffnung es ermöglicht, den Auspufftopf auszuschalten. Außerdem befindet sich seitlich an der Auspuffkammer eine Öffnung J, bei welcher durch eine Überwurfmutter das Auspuffrohr N (Fig. 142) angeschlossen wird. Von der Ventilkammer führt an deren unterem Teile eine Durchbrechung K in den Zylinder zum Eintritt des frischen Gemisches zur Vorkompression. Die Bohrung L dient zur Ölzufuhr, die Nut M zur Verteilung des zuströmenden Öles auf den ganzen Zylinderumfang.

Der Zylinder wird durch Flansch O mit dem Kurbelgehäuse P, in der üblichen Weise mittels Schrauben verbunden. Das Kurbelgehäuse besteht aus zwei gleichen Hülsen aus Aluminium. Der Kolben S (Fig. 142) aus Speziallegierung dichtet durch drei federnde Stahlkolbenringe T und zeigt oben die bereits erwähnte Leitschaufel W. Auf der nach der Ventilkammer zu liegenden Seite besitzt der Kolben einen größeren Ausschnitt V, damit auch bei der unteren Kolbenstellung die Verbindung zwischen der Ventilkammer und dem Kurbelgehäuse erhalten bleibt.

Die Kurbelwelle ist mit zwei Schwungscheiben Y und dem Kurbelzapfen in einem Stück aus Stahl geschmiedet. Die beiden Wellenenden sind vollkommen symmetrisch, um die Möglichkeit zu haben, die Kraft auf einer beliebigen oder auf beiden Seiten abzunehmen. In letzterem Falle ist eine besondere Einrichtung zum Antrieb des Magnetapparates vorgesehen.

Einen wesentlichen Bestandteil des Motors bildet das Vergaserventil (Fig. 141) in Verbindung mit dem vorgelagerten Schwimmer, das gleichzeitig die Vergasung des Brennstoffes, den Einlaß frischen Gemisches und die trennende Luftschicht bewirkt und den Benzinzufluß reguliert.

Das eigentliche Ventil besteht aus dem Ventilsitz a

den hinterdrehten Teil der Sitzfläche c, den Zuleitungsdüsen d für den Brennstoff, Ventil f mit Spiralfeder g, Gegenplatte h und Stift i.

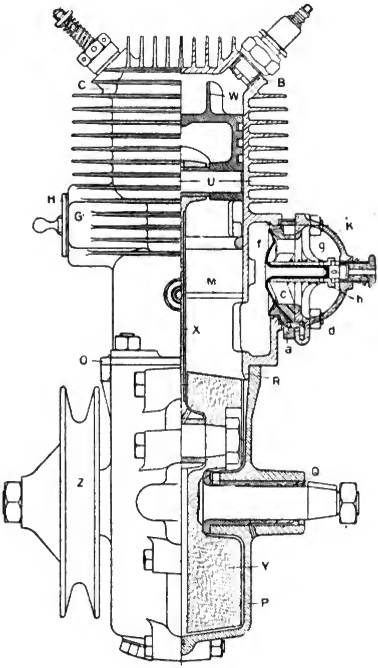


Fig. 141.
Zweitaktmotor von Grade.

Die Hinterdrehung c der Sitzfläche, in welcher die Brennstoffdüsen d ausmünden, und welche auch bei geschlossenem Ventil einen schmalen Ringraum zwischen Teller und dem hinterdrehten Teil des Sitzes freiläßt, ermöglicht einen dauernden Austritt des Brennstoffes in den engen Spalt und damit ein rasches Vergasen beim Einsaugen der Luft. (Die Hinterdrehung ist also nicht als Undichtheit zu betrachten und durch Nachschleifen zu beseitigen, sondern sie dient mit Absicht dem erwähnten Zweck.) Da das Ventil nur sehr geringem Druck und keiner hohen Temperatur ausgesetzt wird, ist dasselbe als leichtes, selbsttätiges, federbelastetes Ventil ausgeführt ohne jede mechanische Steuerung. — Der Ventilsitz a ist getrennt von allen Befestigungsteilen ausgeführt und dient nur zur Aufnahme der eigentlichen Sitzfläche und der Zuführungskanäle für den Brenn-

stoff. Seine Befestigung erfolgt durch eine flach darüberliegende Haube k mittels vier in der Ventilkammer des Zylinders festzuziehender Stiftschrauben. Die Haube dient gleichzeitig zum Schutze des Ventils gegen äußere Beschädigung und nimmt weiter ein Drahtnetz auf, um den Eintritt von groben Verunreinigungen in das Innere der Kurbelkammer und des Zylinders aus der Luft zu verhindern.

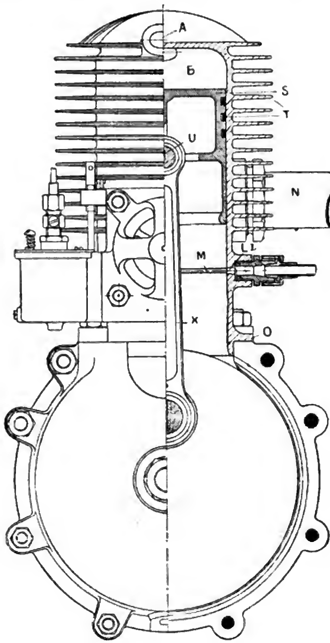


Fig. 142.
Zweitaktmotor von Grade.

Ein Motor dieser Art, jedoch mit 4 Zylindern und dementsprechend 4 fach geteilter Kurbelkammer ist an den Flugapparaten von Grade angebracht und hat sich dabei vorzüglich bewährt. Auch dieser Motor arbeitet mit Luftkühlung, während nach Meinung des Verfassers für Zweitaktmotoren die Wasserkühlung vorzuziehen ist, weil bei gleicher Tourenzahl im Zweitaktmotor etwa die eineinhalbfache Wärme abzuführen ist, gleiche Hubvolumen vorausgesetzt.

Flugmotor von Dufaux.

Im Groß-Gasmotorenbau ist es bereits bekannt, doppelt wirkende Zylinder anzuwenden, ebenso auch die Tandem-

anordnung von zwei Zylindern. Diese Anordnung benutzt Dufaux in Genf bei der Konstruktion seines leichten Flugmotors, einmal um Gewicht zu sparen, dann um ein möglichst gleichmäßiges Drehmoment zu erzielen und schließlich um eine sehr geringe Raumbeanspruchung des Motors im Verhältnis zur Leistung zu haben.

Der Motor von Dufaux hat fünfmal je zwei Doppelzylinder hintereinander in einer Reihe angeordnet, dies entspricht also zwanzig einfachwirkenden Zylindern. Die zwei zusammengehörigen Zylinder sind aus fünf Teilen zusammengesetzt, nämlich den zwei Zylindern, einem Zwischenstück, welches die Zylinderdeckel mit Ventilkammern für zwei Explosionsräume bildet, und zwei Zylinderdeckeln mit einfachen Ventilkammern. Mittels Flanschen sind diese Teile miteinander verschraubt. Das Zwischenstück und die Zylinderdeckel haben angegossene Wassermäntel. Über die Zylinder sind zur Kühlung Kupferrohre gezogen, die mittels besonderer Flanschen abgedichtet sind. Die Ventilkammern befinden sich seitlich an den Zylinderdeckeln, und zwar sind Ein- und Auslaßventile übereinander angeordnet. Nur die Auslaßventile werden gesteuert. Zu diesem Zwecke ist auf jeder Seite der Motorwelle eine Nockenwelle gelagert, die durch Schraubenräder angetrieben werden. Die Nocken wirken auf Hebel, die durch hohle Stößel die Ventile betätigen. Um Gewicht zu sparen, sind die Zylinder innen und außen bearbeitet und zur besseren Wärmeabgabe, auch wohl zur Verstärkung, mit Rippen versehen. Die Kupfermäntel der Zylinder sind mit Ringwellen versehen. Die Kolben und Kolbenstangen sind ebenfalls hohl, ebenso die Pleuelstangen, die Kurbelwelle und die Steuerwellen. Die hohlen Kolbenstangen mit Kolben werden mittels Luft gekühlt. Zu dem Zwecke sind dieselben nach außen verlängert, über diese Stange greift ein Rohr. Diese Rohre aller Zylinder vereinigen sich in einem weiteren Rohr, das mit einem Ventilator in Verbindung steht. Bemerkt sei noch, daß die Anordnung des Dufaux-Motors umgekehrt ist

als üblich, indem sich die Kurbelwelle über den Zylindern befindet. Auch das übliche Kurbelgehäuse fehlt, vielmehr wird die Welle von Lagerarmen aus Stahlrohr getragen, die mit den oberen Zylinderdeckeln fest verbunden sind. Durch

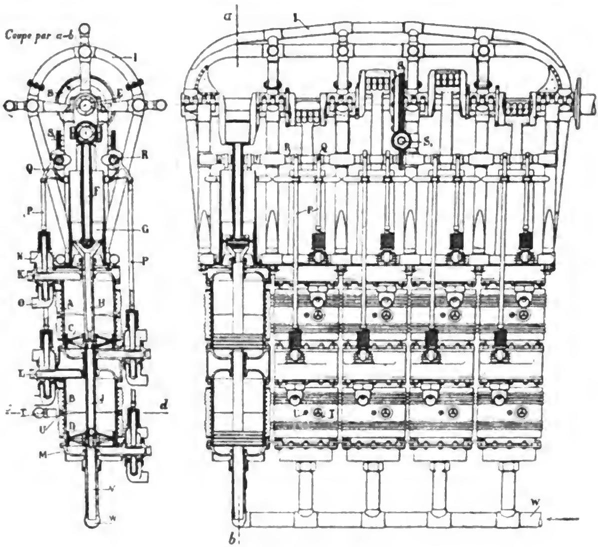


Fig. 143 und 144.
Flugmotor von Dufaux.

A oberer, *B* unterer Zylinder, *C, D* Kolben mit Kolbenstange, *H, J, M* Zylinderdeckel, *N* Auslaß-, *O* Einlaßventil, *P* Ventilstangen, *L, K* Zündkerzen, *G* Kolbenstangenführung, *F* Pleuelstangen, *S* Antrieb für Steuerwellen, *R* Steuerwellen, *S*¹ Antrieb für Zündung, *E* Kurbelwelle, *W* Rohre für Kühlluft, *T* Wassereinlaß.

ein Rohrgestell, das mit den Lagerarmen verbunden ist, wird der Motor im Fahrzeug befestigt.

Der Auspuff erfolgt direkt ins Freie. Die vier Vergaser sind zu beiden Seiten der Saugleitung angeschlossen. Die Zündung erfolgt mittels Hochspannungsmagnet. Der Magnetapparat wird von einer Querwelle unter der Motor-

welle angetrieben. Auf dem anderen Ende dieser Querwelle ist eine Ölpumpe angebracht, die das Öl nach einem Verteiler drückt, von welchem aus nach jeder Schmierstelle ein Rohr führt. Zur Ölung der Kolben ist in jedem Zylinder eine Ringnut eingedreht, in welche das Öl gepreßt wird. In gleicher Weise wird jede Stopfbüchse ge-

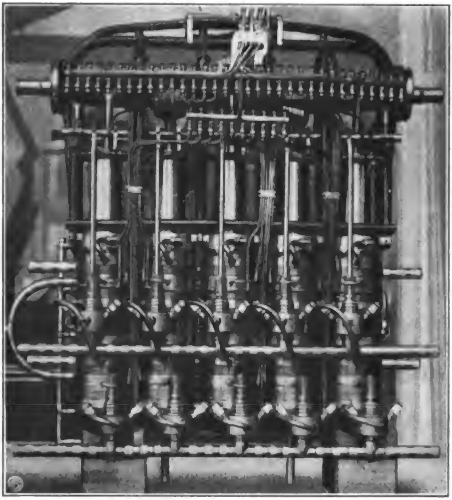


Fig. 145.
Ansicht des Flugmotors von Dufaux mit Ölapparat.

schmiert. Gedichtet werden diese Büchsen für die Kolbenstangen durch Kolbenringe. Die Ölung der Kurbelzapfen erfolgt durch die hohlen Pleuelstangen, diese erhalten das Öl aus der zylindrischen Führung der Kolbenstangen. Die Wellenlager werden durch besondere Ölrohre mit Öl versehen. Ist somit die Schmierung gut durchgebildet, so erscheint es doch zweifelhaft, ob dieser verhältnismäßig komplizierte Motor im Dauerbetriebe zufriedenstellend arbeiten

wird, es geben namentlich die vielen Rohrverbindungen und Dichtungen zu Bedenken Anlaß, so die Dichtungen zwischen Zylindern und Deckeln, dann die vielen Verbindungen zur Zuführung des Kühlwassers. Allerdings das Gewicht dieses Motors ist sehr gering, da derselbe bei einer Leistung von 100 PS nur 90 kg wiegt, inklusive Vergaser und Zündapparat. Immerhin zeigt dieser Motor einen gangbaren Weg, um zu geringen Gewichten zu gelangen, und zwar dürfte dies die leichteste Bauart sein. Abgesehen vom Zweitaktmotor gibt der Sternmotor aber fast ebenso geringe Gewichte im Verhältnis der Leistung, wie wir am Gnomemotor sehen und dabei sind diese Motoren weit weniger kompliziert. Für Luftschiffmotoren gibt der V-Motor schon ein Gewicht, welches den Ansprüchen genügt und der V-Motor läßt sich aus den im Automobilbau bewährten Konstruktionen von Zylindern, Kolben usw. aufbauen. Der V-Motor dürfte danach die Standardtype für die Luftschiffahrt werden.

Es wären schließlich noch die Gasturbinen zu besprechen. Da es aber noch keinem Konstrukteur gelungen ist, eine für stationäre Zwecke geeignete Verbrennungsturbine zu schaffen, ist die Konstruktion einer für die Zwecke der Luftschiffahrt geeigneten Turbine noch weit im Felde. Die Dampfturbine kommt nicht in Betracht, weil zu dem an sich geringen Gewicht dieser Maschine, das hohe Gewicht eines Dampferzeugers mit Feuerung, Wasser und Kondensator hinzukommt, durch die Feuerung die Gefahren beim Luftschiff auch größer werden als beim Explosionsmotor.

IV.

Zubehörteile für Luftschiff- und Flugmotoren.

Gegenüber den Zubehörteilen der Automobilmotoren, wie Kühlern, Zündapparaten usw. zeigen die gleichen Teile für Luftschiff- und Flugmotoren manche Verschiedenheiten auf, die namentlich durch das Bestreben, an Gewicht zu sparen, hervorgerufen sind. So sind die

Kühler

meist aus Aluminium gefertigt und demnach nicht gelötet, sondern genietet. Diese Herstellungsart ist für Luftschiff- und Flugmotoren unbedenklich, da die starken Erschütterungen der Automobile und die Beanspruchung durch Verzerren des Rahmens beim Luftschiff und Flugapparat nicht auftreten. Weiter ist man bestrebt, den Inhalt der Kühler im Verhältnis zur Oberfläche möglichst gering zu machen, um am Gewicht des mitzuführenden Wassers zu sparen.

Wenn die vorhandene Kühlfläche voll ausgenutzt werden soll, so ist erforderlich, daß der Kühler an allen Stellen annähernd gleich warm ist. Dies erreicht man dadurch, daß man die Kanäle für das Wasser nicht zu lang nimmt und durch eine stark wirkende Pumpe für einen schnellen Wasserumlauf sorgt. Dabei müssen Wassereinlaß und Auslaß so angeordnet sein, daß alle Kühlrohre vom zu kühlenden Wasser durchströmt werden. Da es sich beim Kühler darum handelt, daß eine Maximaltemperatur des Kühlwassers nicht überschritten wird, so spielt die Austrittstemperatur

des Wassers aus dem Kühler für das richtige Funktionieren des Motors keine so wichtige Rolle, wenn die Wasserzirkulation so schnell erfolgt, daß das Wasser in den Kühlmänteln der Zylinder nicht höher als 85 Grad Celsius erwärmt wird.

Bei schnellem Wasserumlauf kommt man auch mit einer geringen Wassermenge aus, eine erwünschte Gewichtsersparung.

Dagegen muß umgekehrt die mittlere Lufttemperatur möglichst niedrig gehalten werden, um eine große Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser zu haben und dementsprechend schnelle Wärmeabgabe. Man erreicht dieses, indem man dem Kühler den geringsten Luftwiderstand gibt und für schnelle Luftzirkulation sorgt. Bei Luftschiffen ist daher ein Ventilator notwendig, bei den schnellfliegenden Drachenfliegern genügt die Lufterneuerung durch die Fluggeschwindigkeit.

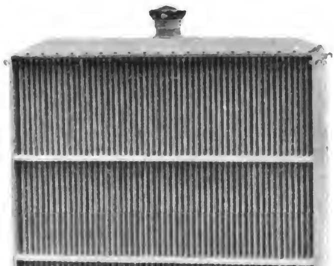


Fig. 146.
Luftschiffkühler von Windhoff.

Die Firma H a n s W i n d h o f f in B e r l i n - S c h ö n e b e r g baut einen Luftschiffkühler mit vertikalen flachen Rohren (Fig. 146). Die Rohre, durch die das

Wasser zirkuliert, sind leicht auswechselbar, wird ein Röhrchen zerstört, so kann man sich im Augenblick damit helfen, daß man das betreffende Röhrchen an den Bruchstellen nach beiden Seiten umknickt und flach zusammendrückt, wodurch die Rohrenden verschlossen werden.

Diese leichte Reparierfähigkeit ist wichtig für die Kriegsverwendung von Luftschiffen; wenn z. B. eine Gewehrkugel den Kühler durchbohrt, kann dieser Kühler sofort während des Betriebes so schnell abgedichtet werden, daß nur wenig Wasser verloren geht.

Dieser Kühler besteht im wesentlichen aus zwei Behältern aus Aluminiumblech, die durch dazwischengesetzte vertikale Rohre miteinander verbunden sind. Um die Oberfläche dieser Rohre im Verhältnis zu ihrem Wasserquerschnitt möglichst groß zu machen, sind die Rohre flachgedrückt und mit Wellen versehen.



Fig. 147.
Luftschiffkühler von Basse & Selve.

Ebenfalls aus Aluminium ist der Kühler von Basse & Selve in Altena (Fig. 147). Bei diesem sind jedoch die Rohre horizontal gelegt in der Art des bekannten Bienenkorbkühlers und die Luft streicht durch die Rohre, das Wasser fließt zwischen denselben. Die Enden der Rohre sind in zwei gelochte Bleche eingedrückt, also ohne Lötung befestigt.

In ähnlicher Weise ist auch der mit dem Motor verbundene Kühler von Palous & Beuse hergestellt.

Abweichend von den vorstehenden Kühlern, bei denen der Weg, den das Wasser im Kühler zurücklegt, kurz ist, bauten die Gebrüder Wright ihren Kühler. Dieser besteht aus ca. 2 m langen flachgedrückten Kupferrohren,

die an den Enden in je zwei runde Röhren von großem Durchmesser eingelötet sind. Der Kühler wird vertikal zwischen den Tragflächen aufgestellt, oben das Wasser zu-, unten abgeführt. Für Zweidecker ist diese Bauart gut geeignet, bei Eindeckern läßt sich ein so hoher Kühler nicht unterbringen. Bei diesen müßten die Rohre horizontal angebracht werden. (Antoinette, Santos Dumont.)

Vergaser für Luftschiff- und Flugmotoren.

Auf die besonderen Umstände, unter denen beim Luftschiffmotor die Vergasung stattfindet, ist schon in der Einleitung hingewiesen. Es sind besonders die niedrigere Temperatur und Luftdruck. Daher werden alle Luftschiff-Vergaser mit einer Heizkammer über dem Mischraum versehen, wobei die Erwärmung meist durch das Kühlwasser des Motors stattfindet, seltener durch die Abgase. Weiter ist beim Luftschiff- und Flugmotor ein geringer Brennstoffverbrauch von größter Wichtigkeit, um einen möglichst großen Aktionsradius zu erhalten. Der Brennstoffverbrauch ist von einer guten Vergasung bzw. Mischung abhängig. Es ist notwendig, daß der Brennstoff als feinster Dunst oder Dampf gleichmäßig mit Luft gemengt ist, und zwar im richtigen Verhältnis. Zur innigen Mischung von Brennstoff und Luft ist eine gewisse Zeit erforderlich. Diese ist kaum vorhanden, wenn der Brennstoff erst am Saugventil eingespritzt wird, wie beim alten Antoinettemotor. Es ist eine gewisse Länge des Saugrohrs erforderlich, in dem der Brennstoff mit Luft vermischt strömt. Wird kein normaler

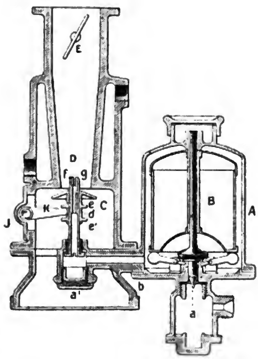


Fig. 148.
Gobron-Vergaser.
K Stellhebel, *F* Benzindüse, *e* Drosselhebel.

Vergaser benutzt, so ist die Einspritzung beim Motor der Gebrüder Wright günstiger, da diese in einem Rohr entfernt von den Saugventilen erfolgt, wobei auf dem Wege bis in die Zylinder eine richtige Mischung stattfindet. Noch besser wird natürlich die Mischung bei einem guten Vergaser sein, namentlich infolge der Einrichtungen zum Regulieren der Luft und des Brennstoffs. Bei den meisten Luftschiffvergasern sind beide regulierbar. wie beim N. A. G.-Vergaser nach Fig. 149. Bei Vergasern für Flugmotoren

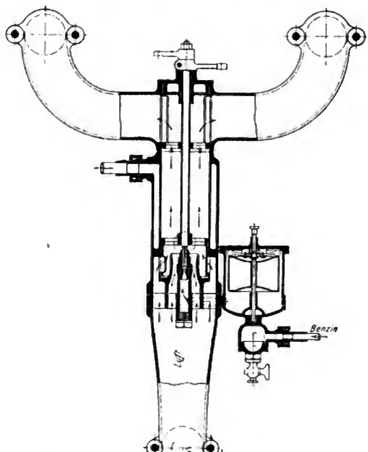


Fig. 149.
NAG.-Vergaser.

begnügt man sich meist mit der Luftregulierung allein, wie beim Gobron-Vergaser, die durch einen auf der Benzindüse beweglichen Ring erfolgt. Wird der Ring gehoben, und so die Luft gedrosselt, so wird gleichzeitig mehr Benzin mitgerissen, infolge der großen Strömungsgeschwindigkeit der Luft.

Bei manchen Vergasern wird die Zusatzluft automatisch angesaugt. Sehr gut ist diese Einrichtung beim C u d e l l - V e r g a s e r. Dieser ist wie folgt konstruiert: Auf einem Kranz runder Löcher sitzen Bronzekugeln. Davon wird beim Saughube ein größer eroder kleinerer Teil emporgesaugt und durch die auf diese Weise geöffneten Löcher tritt die Zusatzluft ein (Fig. 150). Wenn sich die Saugwirkung verstärkt, so öffnen sich mehr Löcher, wenn sie schwächer wird, so fällt ein Teil der Kugeln zurück. Dabei sind die Kugeln von ungleicher Größe, wodurch eine sehr feine Abstufung in der Regulierung erreicht wird. Die Luftregelung



F g. 150.
Luftregulator des Cudell-G. A.-Vergasers.

wird also auf diese Weise exakt und selbständig. Den praktischen Beweis für die Richtigkeit dieser Berechnung liefert der folgende Umstand: Die Düse des Cudell-Vergasers ist bedeutend kleiner als die von Vergasern anderer Systeme, d. h. also: Der Cudell-Vergaser arbeitet s p a r s a m e r und ist hierzu durch seine Konstruktion sogar g e z w u n g e n. Diesen Vergaser stellt die Cudell-Motoren-Gesellschaft, Berlin her.

Zündapparate für Luftschiff- und Flugmotoren.

Ist schon bei Automobilmotoren eine sichere Zündung von größter Wichtigkeit, so noch in weit höherem Maße bei Motoren für Luftschiffe und Flugmaschinen. Die Beseitigung einer Störung beim Automobil ist leicht zu bewerkstelligen, während dies bei Luftschiffen, wenn der Motor abgestellt werden muß, den größten Nachteil hat, da das Luftschiff vom Wind sofort abgetrieben wird. Beim Drachenflieger ist überhaupt die Vornahme irgend einer Arbeit am Motor im Fluge unmöglich. Bei dem heutigen hohen Stande der Motorentechnik sind aber Störungen an der Zündung fast nur die einzigen Möglichkeiten der ungewollten Unterbrechung des Betriebes.

Um nun solche Störungen möglichst zu verhindern, müssen die besten Zündapparate zur Anwendung kommen und empfiehlt sich die Anordnung von zwei unabhängig wirkenden Zündapparaten. Bei Luftschiffmotoren wird dies auch meist gemacht, da bei diesen die Gewichtsersparnis nicht die größte Rolle spielt, wie bei Flugmaschinen. Man sucht zwar am Gewicht der Zündapparate zu sparen, aber da der schwerste Teil, die Magnete, aus Stahl gefertigt sein müssen und es falsch wäre, durch Verkleinerung derselben an Gewicht zu sparen, kann ein Zündapparat für Flugmotoren nur unwesentlich leichter gebaut werden, als ein Zündapparat für Automobilmotoren. Es ist weiter zu beachten, daß die Flugmotoren meist mit einer höheren Tourenzahl arbeiten als die Automobilmotoren, also auch der Anker und Unterbrecher der Zündapparate schneller umlaufen muß. Soll bei Motoren mit 8 Zylindern die Zündung durch einen Magnetinduktor erfolgen, so muß der Anker desselben die doppelte Tourenzahl machen wie die Motorenwelle, also ca. 7000 per Minute. In diesem Falle dürfte die Anwendung von zwei Ankern, einer für je vier Zylinder, vorzuziehen sein.

Bei Motoren mit ungleicher Zündfolge sind stets 2 Ma-

gnetapparate erforderlich, wenn nicht vorgezogen, Batteriezündung anzuwenden.

Als zweite Zündung für Luftschiffmotoren und vielfach als einzige Zündung für Flugmotoren, wird die Batteriezündung benutzt. Bei Luftschiffmotoren wird für jeden Zylinder meist, wie bei Automobilmotoren, eine besondere Induktionsspule benutzt, für Flugmotoren werden jedoch auch, um Gewicht zu sparen, solche Zündapparate mit nur einer Spule von der bekannten Firma „Rapid" gebaut. In den Sekundärstrom ist dann, wie bei den Hochspannungsmagnetapparaten, ein Verteiler eingeschaltet. Eine solche Zündspule mit Verteiler verwendet Grade an seinem Zweitaktmotor mit vier Zylindern. Hierbei muß die Spule bei 1200 Touren des Motors per Minute 4800 Funken erzeugen, da vier Zündungen auf eine Umdrehung kommen. Auch bei den Motoren mit rotierenden Zylindern wird meist Batteriezündung mit Zündspule benutzt.

Die Firma Bosch in Stuttgart baut die Typen DR4 und DR6 für Luftschiffmotoren mit vier bzw. sechs Zylindern. Diese Apparate werden in Aluminiumausführung mit besonderen Anordnungen hergestellt. Für den Fall, daß der Motor mit zwei Zündungen ausgestattet werden soll, d. h. mit Magnet- und Batteriezündung, kommt hierbei die neue Bosch-Doppelzündung in Anwendung, welche die Vorteile beider Zündungen vereinigt. Für Flugmaschinen mit Achtzylinder-Motoren (V-Form) wird die Type HL8 für einfache und für Doppelzündung in Aluminiumausführung geliefert.

Abweichend von den bekannten Apparaten mit Hufeisenmagneten, die senkrecht zu der Hauptachse des Ankers angebracht sind, hat der Mea-Apparat einen seinen Anker in axialer Richtung umfassenden Glockenmagnet. Die elektromagnetischen Vorteile des Glockenmagneten wurden schon vor Jahren von Werner v. Siemens erkannt und bei elektrischen Meßapparaten ausgenutzt. Außer diesen Vorteilen bringt die Verwendung des Glockenmagneten für

Zündapparate noch eine Gewichtsersparnis, was für Flugapparate von Wert ist.

Auch in konstruktiver Hinsicht gestattet der Glockenmagnet eine bei den Hufeisenmagneten nur schwer mögliche Einrichtung. Die Verstellung des Zündzeitpunktes beim Hufeisenmagnet wird gewöhnlich durch eine Veränderung des Funkenmomentes erreicht, ohne daß aber der Magnet selbst gleichzeitig in die für die Intensität des Funkens

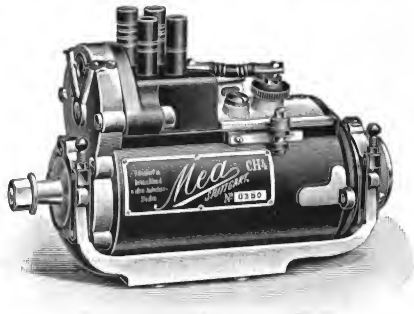


Fig. 151.
Mea-Zündapparat.

günstige Lage gedreht wird. Der gewöhnliche Zündapparat mit Hufeisenmagnet hat daher nur eine einzige günstige Zündstellung, bei welcher der kräftigste Funken abgegeben wird. Es ist bei einem solchen Zündapparat für acht Zylinder überhaupt nur eine Verstellung um höchstens 20 Grad möglich.

Anders beim Glockenmagnet. Bei ihm ist es ein Leichtes, eine Drehung des Magneten um seine eigene Achse, die mit der Ankerachse zusammenfällt, herbeizuführen, so daß unabhängig von dem Zeitpunkt des Funkenüberganges der Funken bei jeder Stellung mit der höchsten Intensität abgegeben wird. Diese Anordnung ist beim Mea-Apparat,

wie sich aus der Abbildung ohne weiteres erkennen läßt, vorhanden und hat sich gut bewährt.

Die Firma Eisemann & Co. in Stuttgart fabriziert ebenfalls besondere Zündapparate für Luftschiff- und Flugmotoren; die letzteren kommen unter anderem an den Drachenfliegern der Gebrüder Wright zur Verwendung.

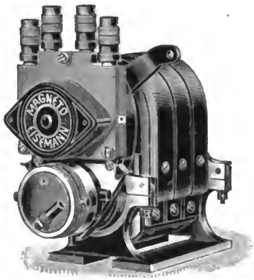


Fig. 152.
Zündapparat von Eisemann.

Dieser Zündapparat besitzt den großen Vorzug, daß bei ihm die Zündverstellung durch Verdrehung des Polgehäuses bewerkstelligt wird, was zur Folge hat, daß die Funkenbildung selbst bei größter Nachzündung gleich kräftig und exakt ist wie bei größter Vorzündung. Der Apparat wird für jede Zylinderzahl angefertigt, ist ein sogenannter Lichtbogenapparat für direkte Hochspannung, der in verschiedenen Größen geliefert wird. Alle Metallteile des Apparates sind, um Gewicht zu sparen, aus Aluminium gefertigt. Die übrigen Organe des Apparates sind genau gleich wie die bekannten Typen dieser Firma für Automobilmotoren. Mit dieser Konstruktion wird ein besonders ruhiger Gang selbst bei größter Nachzündung und jede gewünschte Vorzündung ermöglicht. Auf Wunsch läßt sich dieser Apparat auch leicht ohne Mehrkosten für Doppelzündung (Batterie) mit Anwerfknopf einrichten.

Geschwindigkeitsmesser.

Wie bei Automobilen ist auch bei Luftschiffen und Flugmaschinen die Messung der Geschwindigkeit erwünscht. Es besteht jedoch zurzeit keine Möglichkeit, die Geschwindigkeit eines Luftfahrzeuges gegenüber der Erde durch direkte Ablesung einer Skala anzuzeigen, vielmehr läßt sich durch derartige Instrumente nur die Ge-

schwindigkeit gegenüber der Luft feststellen. Man begnügt sich daher meist mit einem gemeinen Tachometer, welcher die Tourenzahl des Motors angibt. Aus demselben kann man auf die Geschwindigkeit schließen, vor allem aber hat man eine gute Kontrolle des Motors. Der neueste Apparat dieser Art wird von den Deutschen Tachometer-Werken in Berlin gebaut.

Das System dieses Apparates ist ein magnetelektrisches und beruht darauf, daß ein permanenter Magnet durch die zu messende Welle in Rotation versetzt wird und entsprechend der Tourenzahl der Meßwelle rotiert. Durch diesen Magneten

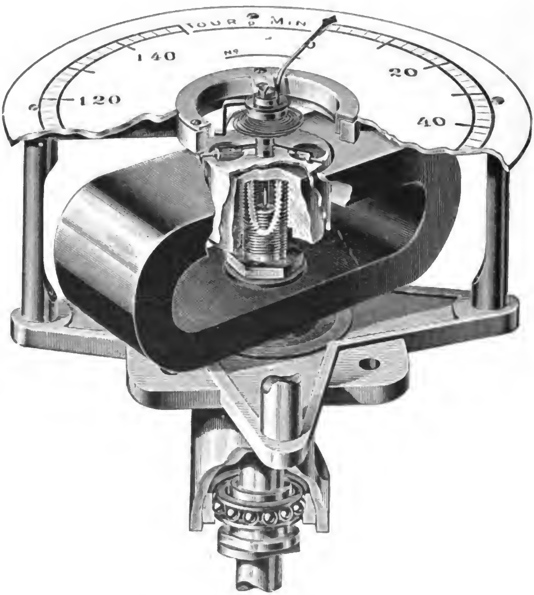


Fig. 153.

Magnetelektrisches Tachometer.

wird ein Meßkörper, der aus einer Metallegierung hergestellt ist, und zwischen Saphirsteinen ruht, elektrisch beeinflußt und zum Ausschlag gebracht. Die Ausschlagshöhe richtet sich nach der Tourenzahl der Meßwelle. Das Meßbereich des Zeigers erstreckt sich über einen Winkel von 340 Grad, d. h. fast über die ganze kreisförmige Skala. Daß das Instrument von Null anfangend anzeigt, ist in seinem System begründet.

Die genauen Anzeigen werden durch die außerordentlich exakte konstruktive Durchführung gefördert, so daß tatsächlich von Null beginnend die geringsten Tourenzahlen ebenso genau angegeben werden, wie die Ausschläge bei der Maximal-Tourenzahl, für die das Instrument gebaut ist.

Ein besonderer Vorzug gegenüber dem Zentrifugalsystem ist die absolut proportionale Skala. Bei dem Zentrifugalsystem wird ca. das erste Drittel des Meßbereiches unterdrückt und der letzte Teil des Meßbereiches gegenüber dem mittleren Teile desselben erheblich zusammengezogen.

Da der Apparat der Deutschen Tachometerwerke aus Aluminium außerordentlich leicht ist, ca. 1 kg, eignet er sich gut für Drachenflieger und Luftschiffe.

V.

Nachtrag.

Neueste Flugmotoren.

Der W u n d e r l i c h - F l u g m o t o r hat ähnlich wie der Anzani-Motor drei fächerförmig unter je 60 Grad zueinander geneigte Zylinder, von denen die beiden äußeren auf e i n e n Kurbelzapfen wirken, während der mittlere Zylinder auf einen um 180 Grad versetzten zweiten Kurbelzapfen arbeitet. Durch diese Anordnung wird im Gegensatz zu anderen Dreizylinder-Motoren, welche nur e i n e n Kurbelzapfen haben, erreicht, daß die Zündintervalle untereinander vollkommen gleich sind. Das Drehmoment ist daher ein sehr gleichmäßiges, so daß ein besonderes Schwungrad außer der Schraube entbehrlich wird. Auch kann dieser Motor mit einem gewöhnlichen Magneten angetrieben werden. Der Massenausgleich ist wegen der zweifach gekröpften Kurbelwelle ein sehr guter. Das auftretende Kippmoment ist infolge der besonderen Anordnung des Motors besonders klein. Der mittlere Zylinder ist nämlich so nahe an die Ebene der beiden äußeren Zylinder herangerückt, daß der Hebelarm des Kippmomentes außerordentlich klein wird. Die Ventile sind gesteuert und sitzen im Zylinderkopf und werden durch eine gemeinsame Blattfeder auf ihren Sitz niedergedrückt. Die Steuerung der Ventile wird durch je eine Stoßstange mit Balancier für jeden Zylinder, von einer Nockenwelle mit zwei Nocken für alle Ventile bewirkt. Diese einfache Anordnung wird dadurch erreicht, daß die Schwingungsebene der Balanciers der beiden äußeren Zylinder senkrecht zur

Kurbelwelle liegt, und die Schwingungsebene des mittleren Balanciers parallel zu denselben. Der eine Nocken betätigt die beiden äußeren Zylinder, der zweite Nocken den mittleren Zylinder. Da die Nocken um 180 Grad versetzt sind, folgt der gleichmäßige Winkelabstand aller Explosionen und damit ein gleichmäßiges Drehmoment. Der Motor leistet bei 110 mm Bohrung und 105 mm Hub 25 PS bei 1400 Touren und wiegt komplett mit Vergaser und Zündapparat 45 kg.



Fig. 154.
Dreizylinder-Flugmotor von Wunderlich.
(Verbesserte Anzani-Type.)

Ein anderer Motor mit fächerförmiger Anordnung der Zylinder ist der von Dr. Huth in Berlin. Gegenüber dem Fächermotor von Esnault-Pelterie, welcher eine ungerade Anzahl von Zylindern, 5 oder 7, hat, sind beim Motor von Dr. Huth 6 Zylinder vorhanden. Daher ist es nicht möglich, einen gleichen Abstand der Zündungen zu erreichen. Je drei Zylinder arbeiten auf einem Kurbelzapfen, und beträgt der Abstand der beiden Kurbelzapfen 180 Grad. Der Massenausgleich ist gut und das Kippmoment sehr gering, da die beiden Zylindergruppen sehr nahe beieinander liegen. Die Zylinder haben eine Bohrung von 110 mm und 110 mm

Hub. Bei 1200 Touren leistet der Motor 50 PS. Das Gewicht des Motors beträgt inkl. Vergaser und Zündapparat 90 kg, also weniger als 2 kg pro PS. Wie bei der fächerförmigen Anordnung der Zylinder gespart werden kann, beweist der Umstand, daß die Kurbelwelle bei mehrfacher Sicherheit

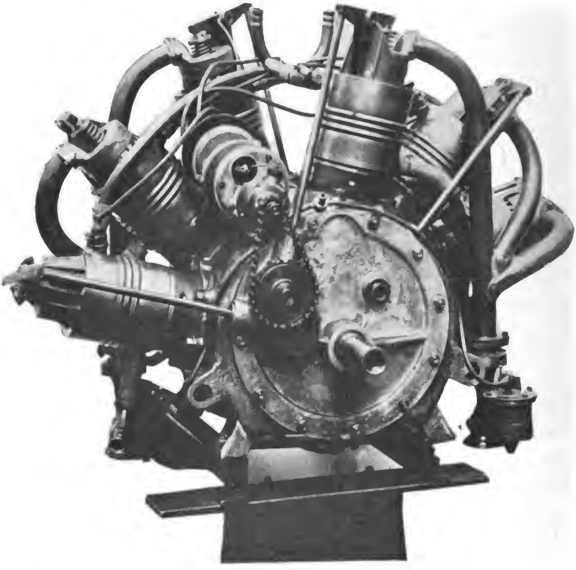


Fig. 155.
Flugmotor von Dr. Huth mit 6 fächerförmig angeordneten Zylindern.

nur 5 kg wiegt; bei gleicher Stärke der Welle würde bei Reihenanordnung der Zylinder das Gewicht derselben mindestens das Doppelte betragen.

Die Zylinder sind mit der Ventilkammer aus einem Stück, jedoch ohne Wassermantel gegossen. Die Wassermäntel sind besonders aus gewelltem Messingrohr aufgesetzt. Die Steuerung für Ein- und Auslaß der Gase erfolgt in ähn-

licher Weise wie beim Esnault-Pelterie-Motor mit Hilfe eines kombinierten Ventils bzw. eines Ventils mit Rundschieber jedoch wird der Fehler vermieden, daß beim Übergang von der Auspuff- in die Saugstellung beide Kanäle geöffnet sind. Vielmehr erfolgt das Öffnen des Saugkanals erst nach Schließen des Auspuffkanals. Kurz vor Schluß des Ventils wird einen Moment der Auspuffkanal wieder geöffnet, was jedoch von geringer Bedeutung ist, wenn die Gase,

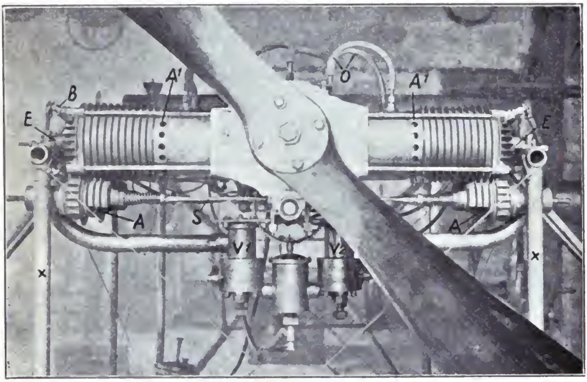


Fig. 156.
Flugmotor von Bertin mit 4 Zylindern.
A Auspuffventile, A^1 freier Auspuff, *E* Einlaßventile, *B* Zündkerzen, V^1, V^2 doppelter Vergaser, *S* Ventilstößel, *O* Ölrohre, *X* Stützen zum Tragen des Motors.

wie bei Flugmotoren üblich, direkt in die freie Luft auspuffen, weil dann höchstens etwas Luft angesaugt wird, jedoch keine Auspuffgase, wie es bei Anwendung eines Auspufftopfes der Fall sein würde.

Je drei Zylinder haben einen gemeinsamen Vergaser. Wie schon erwähnt, kann der Zündabstand nicht gleichmäßig sein, und zwar ist derselbe einmal 90 Grad und einmal 150 Grad; demzufolge ist es möglich, mit einem Magnetzündapparat auszukommen, wenn derselbe entsprechend

hohe Tourenzahl macht. Es können jedoch nicht alle Induktionsstellungen des Ankers ausgenutzt werden. Der

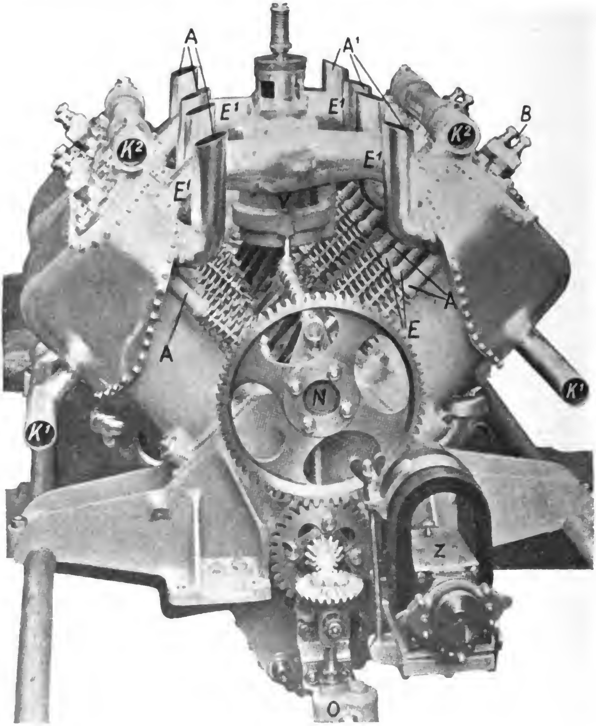


Fig. 157.

Luftschiff- und Flugmotor von Wolseley-Siddeley mit 8 Zylindern, je 2 Zylinder im gemeinsamen Wassermantel.

A Auspuff-, E Einlaßventile, A^1 Auspuffrohre, E^1 Einlaßrohre, V Vergaser, K^1, K^2 Wasserein- und Auslaß, B Zündkerzen, N Steuerwelle, O Ölpumpe, Z Zündapparat.

Magnetapparat ist auf dem Kurbelgehäuse zwischen den Zylindern befestigt und wird durch eine Kette angetrieben.

Es ist dabei zu empfehlen, daß sich der Verteiler nicht am Magnetinduktor befindet, sondern auf einer besonderen durch Zahnräder angetriebenen Welle, da beim Kettenantrieb des Stromverteilers Verschleppungen der Zündungen vorkommen können. Die Zündfolge der Zylinder ist die nachstehende: Erste Zündung, Zylinder 1, dann Zylinder 4, Zylinder 3, 6, 5 und 2, worauf nach zwei Touren wieder Zylinder 1 zündet. Dieser Motor wird gegenwärtig in einem von Dr. Huth konstruierten Drachenflieger erprobt.

Von Motoren mit gegenüberliegenden Zylindern sei noch der Flugmotor von Bertin (Fig. 156) beschrieben und abgebildet, welcher Motor bereits im Anschluß an den Motor von Dutheil und Chalmers erwähnt war. Der Motor hat auf jeder Seite zwei Zylinder; je zwei gegenüberliegende Zylinder arbeiten auf eine um 180 Grad gekröpfte Kurbelwelle. Obwohl die Bohrung der Zylinder 110 mm beträgt, kommt man nach Angabe des Fabrikanten bei direktem Antrieb der Schraube mit Luftkühlung aus, was namentlich dem Umstand zu verdanken sein dürfte, daß die Kolben im inneren Totpunkt einen freien Auspuff im Zylinder freilegen. Nur die Auspuffventile sind gesteuert; die Saugventile sind selbsttätig. Die Zylinder jeder Seite erhalten das Gas von einem Vergaser; es sind demnach zwei Vergaser vorhanden, die jedoch einen gemeinsamen Schwimmer haben. Die Ölung erfolgt durch eine von der Steuerwelle angetriebene Ölpumpe.

Von Motoren mit V-förmiger Anordnung der Zylinder dürfte noch der neue Motor der bekannten englischen Automobilfabrik Wolseley-Siddeley interessieren (Fig. 157), der bezüglich der Steuerwelle, Ventile usw. viel Ähnlichkeit mit dem E. N. V.-Motor hat. Die Zylinder sind gegossen und haben aufgeschraubte Kühlmäntel aus Aluminiumblech. Die dauernde Dichthaltung derselben dürfte schwierig sein.

Motoren mit V-förmig angeordneten Zylindern werden noch gebaut von Brouhot in Paris. Der Motor leistet bei

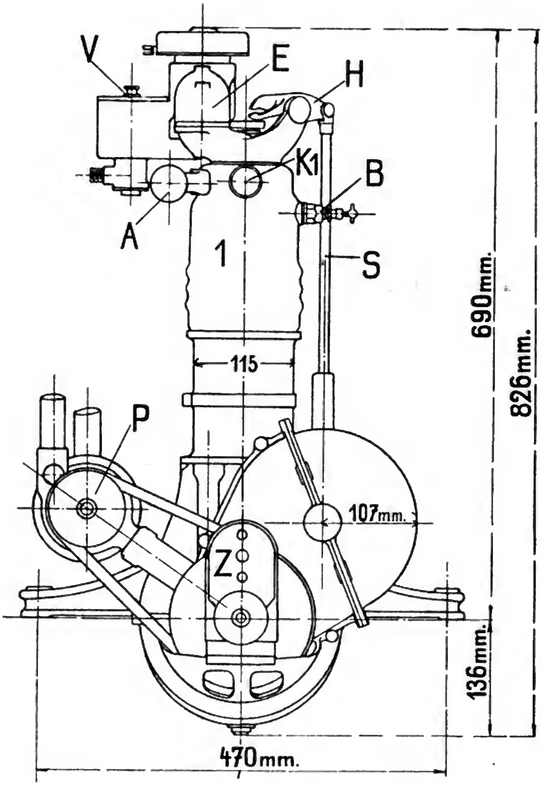


Fig. 158.
Flugmotor von Panhard-Levassor.
Ansicht von vorn.

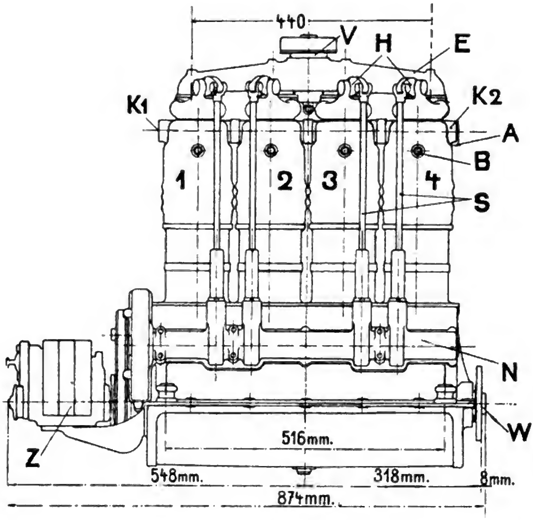


Fig. 159.
Flugmotor von Panhard-Levassor.
Seitenansicht.

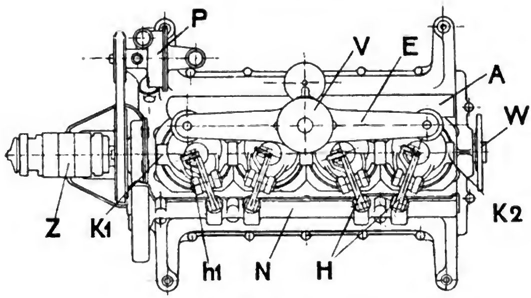


Fig. 160.
Flugmotor von Panhard-Levassor.
Ansicht von oben.

1 bis 4 Zylinder, *A* Auspuffrohr, *E* Einlaßkanal mit Vergaser *V*, K^1 Wassereinlaß, K^2 Wasserauslaß, *B* Zündkerze, *Z* Zündapparat, *P* Wasserpumpe, *H* Kipphebel für die Ventile, *S* Stoßstangen, *N* Steuerwelle, *W* Motorwelle mit Flansch für Schwungrad oder Propeller.

1300 Touren 60 PS und hat ein Gewicht von 140 kg inkl. allem Zubehör.

Auch die bekannte Automobilfabrik De Dion-Bouton baut jetzt Motoren mit acht V-förmig angeordneten Zylindern für Luftschiffe und Flugmaschinen.

Die bekannte französische Automobilfirma Panhard & Levassor, welche bereits seit mehreren Jahren Motoren für Luftschiffe baut, mit welchen die französischen Militärluftschiffe ausgerüstet sind, hat jetzt auch einen Flugmotor konstruiert. Derselbe hat vier stehende Zylinder, die aus vollem Stahl hergestellt werden, mit aufgezogenen Kühlmänteln aus Kupferblech. Interessant an diesem Motor ist besonders die Konstruktion der Ventile, indem die beiden Ventile ineinandergesteckt sind, und zwar befindet sich das Einlaßventil in dem rohrförmigen Auslaßventil. Es sind also zwei Dichtungsflächen nach dem Zylinderinnern vorhanden; die eine zwischen Auslaßventil und Zylinder, die

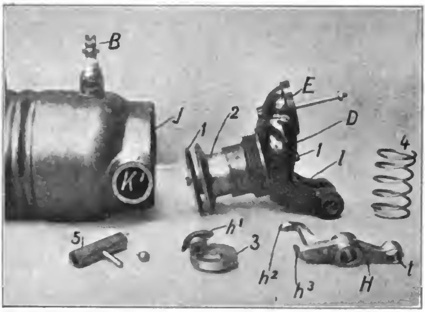


Fig. 161.

Zylinder mit Ventil des Flugmotors von Panhard-Levassor.

J Zylinder, B Zündkerze, K^1 Wassereinlaß, D Ventildeckel mit E Gaseinlaß und l Lager für Ventilhebel H. Dieser wird bei A von der Ventilstange S betätigt und drückt mit Winkel h^3 die Scheibe 3 des Auslaßschiebers 2 auf. Beim Zurückziehen über die Ruhelage mittels Nase h^2 und kleinem Hebel h^1 des Einlaßventils 1 auf, 4 Ventilfeder, 5 Ventilführung.

zweite zwischen Einlaß- und Saugventil, während man bei Anwendung eines mit Rundschieber kombinierten Ventils nur eine Dichtungsfläche nach dem Zylinderinnern hat. Beide Konstruktionen haben aber den Vorteil, daß die Ventile durch die frischen Gase gekühlt werden. Betätigt werden beide Ventile durch einen Kipphebel, welcher durch eine Stoßstange vom Nocken bewegt wird, zunächst das Auspuffventil aufdrückt, wobei sich natürlich das Saugventil, da es seinen Ventilsitz im Auspuffventil hat, mitbewegt, aber geschlossen bleibt. Nach Schluß der Auspuffperiode geht der Kipphebel infolge einer Aussparung auf der Nockenscheibe über seine Ruhelage hinaus, wobei nach Schluß des Auspuffventils mit Hilfe eines auf der Federscheibe des Ventils gelagerten kleinen Kipphebels das Saugventil geöffnet wird. Es kommt also auch, wie bei der Konstruktion Esnault-Pelterie, Farcot, Dr. Huth, des Verfassers und anderer Konstrukteure, ein zweistufiger Nocken zur Anwendung, jedoch ist die zweite Stufe negativ. Wenn auch die Konstruktion des kombinierter Ventils von Panhard etwas komplizierter ist, infolge der Anordnung des doppelten Kipphebels, so hat die Konstruktion andererseits den Vorteil, daß niemals Saug- und Auspuffkanäle gleichzeitig geöffnet sind und bei Ventilschluß nach der Saugperiode kein Öffnen des Auspuffkanals stattfindet. Diese Vorteile lassen sich aber bei richtiger Konstruktion mit einem Ventil und einem Rundschieber erreichen.

Alle vier Zylinder werden durch einen Vergaser gespeist, der in einem Aluminium-Gußstück mit einem weiten Gasrohr für alle vier Zylinder besteht.

Der Motor leistet bei einem Gewicht von ca. 160 kg 36 PS bei 110 mm Bohrung und 140 mm Hub. Per PS beträgt demnach das Gewicht über 4 kg. Der gleiche Motor wird auch für Luftschiffe gebaut in einer Leistung von 80—100 PS bei 170 mm Bohrung und 170 mm Hub. Das Gewicht beträgt 360 kg.

Flugmotoren mit vier stehenden Zylindern bauen noch

die Firmen Clerget und Grégoire in Paris. Der Clerget-Motor ist in die kleinen Luftschiffe „Zodiak" eingebaut. Bei einer Bohrung von 110 mm und 120 mm Hub leistet der Clerget-Motor 50 PS bei 1650 Touren. Da das Gewicht nur

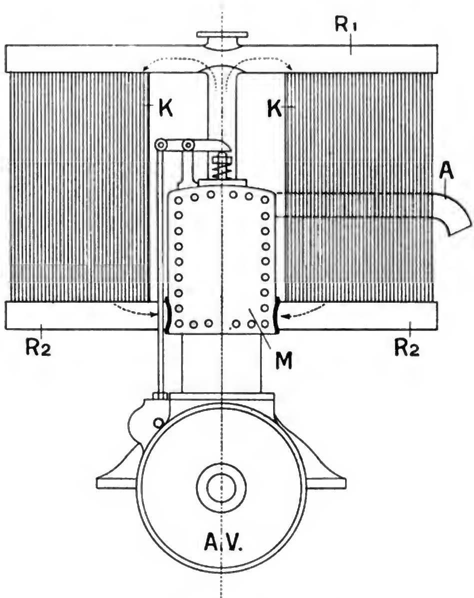
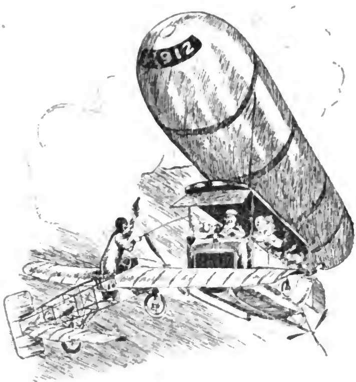


Fig. 162.
Schematische Zeichnung des Grégoire-Flugmotors mit Kühler.
M Kühlmantel des Zylinders (aus Aluminiumblech genietet), R_1 oberes Querrohr, R_2 unteres Querrohr, verbunden durch die dünnen Kühlrohre *K*, *A* Auspuffrohr.

95 kg mit Wasser und Ölpumpe, Kühler, Vergaser, Zündapparat und einem kleinen Schwungrad von 17 kg beträgt, kommt auf 1 PS nur 1,9 kg. Clerget benutzt den Aluminiumkühler von Basse & Selve, der für diese Leistung von 50 PS nur 13 kg wiegt.

Der Grégoire-Motor (Fig. 162) wird in zwei Größen mit vier und sechs Zylindern gebaut mit einer Leistung von 25 und 40 PS. Bemerkenswert an demselben ist die Verbindung des Kühlers mit dem Motor. Durch ein weites vertikales Rohr steigt das warme Wasser aus dem Zylinder nach oben, wo über je zwei Zylindern ein weites Querrohr angeordnet ist. Von diesem führen zu beiden Seiten der Zylinder dünne vertikale Rohre nach unten, wo sie mit Querrohren, die beiderseits am Wassermantel der Zylinder angebracht sind, in Verbindung stehen. Der Umlauf des Kühlwassers erfolgt nach dem Thermo-Syphon-Prinzip, eine Wasserpumpe ist daher nicht vorhanden. Diese Kühleranordnung gibt infolge Fehlens der Zu- und Ableitungen für das Wasser ein sehr geringes Gewicht und den Vorteil des Fortfalls der Pumpe. Diese Konstruktion eignet sich auch sehr gut für das Prinzip der Verdampfungskühlung, wobei man infolge des größeren Temperaturgefälles mit einer geringeren Wassermenge auskommt und am Gewicht des Wassers mehr spart, als das Mehrgewicht des Kondensators beträgt, da die Kühlrohre länger sein müssen.


912

„RAPID“ Akkumulatoren- u. Motoren-Werke :: — G. m. b. H. —

SCHÖNEBERG-BERLIN, Hauptſtraße 9.

Magnetapparate mit einfacher und Doppelzündung für Hochſpannung.

Zündſpulen für Luftſchiffmotoren bis zu 10000 Zündungen pro Minute.

Akkumulatoren, Zündkerzen, Kabel, Stromverteiler neueſten Syſtems D. R. G. M. mit Funkenlöſcher uſw.

High tension magnetos with single and double ignition.

Spark coils for airship-motors till 10000 inflammations per minute.

Accumulators, spark plugs, wire-cable, current-distributors, new system D. R. G. M. &c.

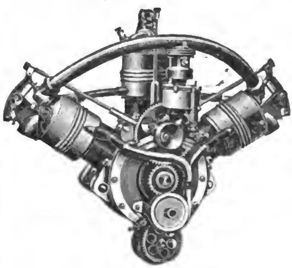
Generalvertreter für Süddeutſchland und die Schweiz

ALFRED TEVES, FRANKFURT A. M.

:: Hohenzollernplatz 10 ::

CARL WUNDERLICH, Motorenfabrik

Bülowstr. 27 **BERLIN W 57** Bülowstr. 27



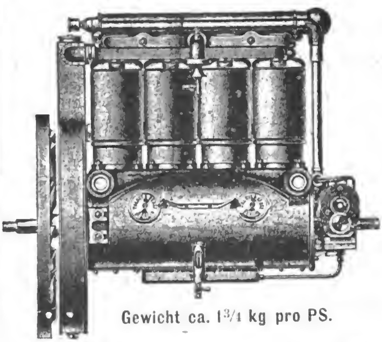
Motoren

für

Flugmaschinen

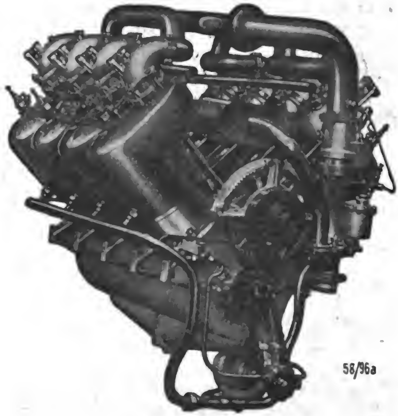
Der beste und billigste Dauerläufer.

Feinste Referenzen oooooooooooo **Prima Material.**



Gewicht ca. $1^{3}/_{4}$ kg pro PS.

Roßberg'sche Buchdruckerei, Leipzig.



58/96a